

Technická univerzita v Liberci

Textilní fakulta

Katedra oděvnictví



Studijní program: N3106 - Textilní inženýrství

Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

KOD / 2012 / 06 / 1 / MS

„Tepelné namáhání šicích jehel“

„Heat strain of sewing needles“

Jméno autora: Bc. Veronika Lorenzová

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Počet stran: 92

Počet obrázků: 57

Počet tabulek: 9

Počet příloh: 7

LIBEREC 2012

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika LORENZOVÁ**
Osobní číslo: **T09000089**
Studijní program: **N3106 Textilní inženýrství**
Studijní obor: **Textilní a oděvní technologie**
Název tématu: **Tepelné namáhání šicích jehel**
Zadávací katedra: **Katedra oděvnictví**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte rešerši obecně o jehlách pro strojní šití.
2. Vymezte možnosti měření teploty jehel.
3. Provedte měření teploty jehel.
4. Zhodnoťte vliv teploty na kvalitu šití.

Technická univerzita v Liberci

Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Katedra oděvnictví, FT

Studentská 2

461 17 Liberec

ŽÁDOST

Žádám o prodloužení termínu odevzdání diplomové práce do května 2012.

Název diplomové práce: „*Tepelné namáhání šicích jehel*“

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Jméno, příjmení a adresa žadatele: Bc. Veronika Lorenzová

Botevova 3109, Praha 4 – Modřany, 143 00

Podpis žadatele: *Veronika Lorenzová*

Datum podání žádosti: *30.11. 2011*

Vyjádření vedoucího práce:

Souhlasím

Vyjádření vedoucího katedry:

AG

1.12.2011

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ
Katedra oděvnictví

P r o h l á š e n í

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Mockrát děkuji panu doc. Ing. Antonínu Havelkovi CSc., za odborné vedení mé diplomové práce, za čas, rady a doporučení, které mi věnoval. Také panu Ing. Janu Palatovi, za pomoc při realizaci experimentu.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a lidem ve svém okolí za podporu a trpělivost při vývoji mé diplomové práce.

Anotace

Téma: „*Tepelné namáhání šicích jehel*“

Abstrakt: Obsahem této diplomové práce je zpracování problematiky spojené s užíváním strojové šicí jehly ve spojovacím procesu. Rešeršní část obsahuje všeobecný rozbor strojové šicí jehly. Popisuje tepelné namáhání strojové šicí jehly v průběhu šití a různé typy měření teploty jehly v šicím procesu. Experiment se zakládá na měření zahřívání strojové šicí jehly za pomoci termovizního měření. Termokamera značky FLIR byla dostupná na Katedře oděvnictví TUL. Z měření byly získány určité hodnoty teplot jehel a objektivně byl zhodnocen vliv vysokého zahřívání strojové šicí jehly na kvalitu šití.

Klíčová slova: *šicí jehla, namáhání jehel, teplota, termovize, emisivita*

Annotation

Theme: „*Heat strain of sewing needles*“

Abstract: The content of this thesis is the processing problems associated with the use of sewing machine needles in the connecting process. The research section contains a general analysis of the sewing machine needle. Describes heat stress machine sewing needle during sewing and various types of temperature measuring needle in the sewing process. The experiment is based on measuring heating of machine sewing needles using thermovision measurements. The thermacam FLIR was available at the Department of Clothing Industry TUL. From measurements were obtained some values of temperature needles and was objectively evaluated the impact the quality of sewing caused by high heating power of sewing needle.

Key words: *a sewing needle, stress needles, temperature, thermovision, emissivity*

Obsah:

Úvod.....	- 10 -
1. Strojová šicí jehla	- 11 -
1.1. Historie šicí jehly	- 11 -
1.2. Základní konstrukce šicího stroje.....	- 13 -
1.2.1. Hlavní části modelu šicího stroje	- 14 -
1.2.2. Ústrojí pohybu jehly.....	- 15 -
1.2.3. Elektrické příslušenství šicího stroje.....	- 16 -
1.2.4. Údržba šicího stroje.....	- 17 -
1.3. Základní konstrukce šicích jehel a použití	- 17 -
1.4. Základní konstrukce rovné šicí jehly	- 18 -
1.4.1. Hlavní části jehly.....	- 19 -
1.4.2. Charakteristika jednotlivých částí rovné strojové šicí jehly.....	- 19 -
1.4.3. Označování jehel.....	- 21 -
1.4.3.1. Systém jehly	- 21 -
1.4.3.2. Jemnost jehly	- 22 -
1.4.3.3. Délka špice a tvar hrotů	- 22 -
1.4.4. Tvorba smyčky při tvorbě stehu.....	- 24 -
1.4.4.1. Postup tvorby smyčky	- 25 -
1.4.4.2. Vázaný steh	- 26 -
2. Výroba strojních šicích jehel	- 27 -
2.1. Historie výroby SŠJ, výrobci	- 27 -
2.2. Způsob výroby šicích jehel	- 28 -
2.3. Materiálové složení SŠJ	- 29 -
2.3.1. Žíhání oceli na měkko	- 29 -
2.3.2. Globulární perlit.....	- 30 -
2.4. Povrchové úpravy šicích strojových jehel.....	- 31 -
2.4.1. Leštění.....	- 32 -
2.4.2. Chromování.....	- 32 -
2.4.3. Niklování.....	- 32 -
2.4.4. Nitrid- titanový povlak.....	- 32 -
2.4.5. Teflonový povlak	- 33 -
2.4.5.1. COOL- šicí jehla „nové generace“	- 33 -
2.4.6. Keramický povlak	- 35 -
2.5. Technologie povlakování jehel	- 35 -
2.5.1. Elektrochemické povlakování.....	- 35 -
2.5.2. Povlakování plazmovými technologiemi	- 35 -
2.6. Opotřebení šicích jehel.....	- 36 -

3.	Namáhání strojové šicí jehly v procesu šití	- 36 -
3.1.	Mechanické namáhání	- 36 -
3.1.1.	Namáhání na ohyb	- 37 -
3.1.2.	Namáhání na vzpěr	- 37 -
3.1.3.	Zvýšení odolnosti strojní šicí jehly vůči mechanickému namáhání	- 38 -
3.2.	Termické namáhání	- 38 -
3.2.1.	Způsoby zvýšení odolnosti jehly proti termickému namáhání	- 38 -
3.2.1.1.	Geometrie jehly	- 39 -
3.2.1.2.	Chlazení jehly při šití	- 39 -
3.2.1.3.	Povrchová úprava jehly	- 40 -
3.2.2.	Zahřívání strojní šicí jehly v procesu šití	- 40 -
3.2.2.1.	Měření teploty strojní šicí jehly v procesu šití	- 41 -
3.2.2.2.	Negativní vliv teploty šicí jehly na proces šití	- 42 -
3.3.	Způsoby měření zahřívání SŠJ	- 44 -
3.3.1.	Základní pojmy	- 45 -
3.3.1.1.	Teplota	- 45 -
3.3.1.2.	Měření teploty	- 45 -
3.3.1.3.	Teplo	- 46 -
3.3.1.4.	Vedení tepla	- 46 -
3.3.2.	Bezkontaktní měření	- 47 -
3.3.2.1.	Termovize	- 50 -
3.3.3.	Kontaktní měření	- 52 -
3.3.3.1.	Odporové senzory	- 53 -
3.3.3.2.	Termoelektrické senzory	- 54 -
3.3.3.3.	Indikátory teploty	- 55 -
3.3.4.	Měřicí metody využitelné při měření teploty SŠJ	- 58 -
4.	Experimentální část	- 59 -
4.1.	Použité materiály	- 59 -
4.2.	Měření teploty jehly pomocí termovizní kamery	- 64 -
4.2.1.	Termovizní kamera	- 64 -
4.2.2.	Zjištění emisivity	- 65 -
4.2.2.1.	Způsob měření	- 66 -
4.2.2.2.	Vyhodnocení experimentu	- 68 -
4.2.2.3.	Výsledky měření	- 70 -
4.2.3.	Zjištění nejvíce zahřívajícího místa pomocí termovize	- 72 -
4.2.3.1.	Princip měření	- 72 -
4.2.3.2.	Vyhodnocení měření	- 72 -
4.2.4.	Měření teploty jehly v průběhu šití	- 74 -

4.2.5.	Měření teploty jehly po ukončení šití.....	- 75 -
4.2.5.1.	1. způsob.....	- 75 -
4.2.5.2.	2. způsob.....	- 76 -
4.2.5.3.	3. způsob.....	- 76 -
4.2.5.4.	4. způsob.....	- 76 -
4.2.6.	Vyhodnocení experimentu	- 77 -
4.3.	Vliv teploty jehly na kvalitu šití.....	- 78 -
4.3.1.	Vyhodnocení vlivu teploty na šicí materiál.....	- 79 -
4.3.2.	Vyhodnocení vlivu teploty na šitý materiál	- 81 -
5.	Závěr.....	- 82 -
	Použitá literatura:	- 84 -
	Seznam zkratek:.....	- 87 -
	Seznam obrázků:.....	- 88 -
	Seznam tabulek:	- 90 -
	Seznam grafů:	- 91 -
	Seznam příloh:	- 92 -

Úvod

Nedílnou součástí dnešního neustále se rozvíjejícího technického života jsou textilie, které nás obklopují. Textilie jsou potřebné v různých odvětvích. Na základě jejich zpracování a vlastnostech je dáno jejich užití. Textilní materiály spojované pomocí šicí technologie jsou převážně oděvní výrobky, dekorační textilie anebo materiály užívané v automobilovém průmyslu, jako jsou např. povlaky na autosedačky. Ve výrobním procesu zpracování oděvních výrobků je spojovací proces ten nejsložitější a časově nejnáročnější. Celkový estetický vzhled výrobků je nesmírně závislý na použitých materiálech a vhodně zvolených postupech jejich zpracování. Jedním z faktorů, který může celkový vzhled a kvalitu výrobku ovlivnit je právě šicí jehla, kterou byl výrobek ušit. Důležité je klást pozornost na vzájemnou kolegiální šitého a šicího materiálu, nastavení šicího stroje a druhu použité strojové šicí jehly.

Tato diplomová práce se zabývá tepelným namáháním šicí jehly, které vzniká na základě tření SŠJ s šicím a šitým materiálem. Jehla je při šití namáhána nejen termicky, ale také mechanicky. Proto jsou na jehlu v dnešní době kladeny vysoké nároky. Vyžaduje se od ní vysoká pevnost, musí při vyšších rychlostech dostatečně absorbovat a odvádět teplo, měla by být odolná vůči rychlému opotřebení. Pro tuto skutečnost nastala potřeba provádět různé inovace šicích jehel. Jsou to povrchové úpravy jehel anebo změna geometrie jehly. Tyto inovace vedou k lepší kvalitě textilních výrobků a větší produktivitě práce.

V experimentální části práce získáme údaje různých teplot, které vznikají na šicí jehle při procesu šití tkanin vázaným stehem. Tato práce zjišťuje, jak moc se jehla zahřívá v procesu šití a jaký vliv to má na kvalitu švu. Teplota se dá měřit různými způsoby. Pro tento experiment je však nejvhodnější variantou zjištění teploty na základě využití termovizní kamery, pro kterou je důležité zjištění dalších parametrů, jako je např. emisivita materiálu, klimatické podmínky při zkoušení, vzdálenost od měřeného objektu. Výhodou experimentu je bezkontaktní měření. K experimentu byly pořízeny detailní snímky, které vystihují negativní vlivy zahřívání strojní šicí jehly na kvalitu šití.

1. Strojová šicí jehla

Pro spojovací proces je v oděvní výrobě nedílnou součástí strojová šicí jehla. Šití je proces, který v dnešní době převážně převládá v oděvní výrobě. Šitím se spojují plošné útvary (šitý materiál) pomocí jedné nebo více nití (šicí materiál). U šití je jedna z výhod, že je to rozebíratelný spoj [2]. Je to základní prvek pro vytváření švů. Šev je řádka stehů, které jsou založené na různých technologiích. Existují dva základní typy stehů – vázaný a řetízkový. Od vázaného stehu se odvozují různé ozdobné stehy. Vázaný steh se převážně používá při šití tkanin. Řetízkový je vhodnější pro sešívání pletenin, jako pomocné paratelné stehy, anebo v kombinaci s vázaným stehem pro začistišťování okrajů oděvních dílů. Šicí jehla prošla dlouhodobým vývojem až do dnešní podoby. V současnosti se můžeme setkat s různými typy jehel, na různá použití a někdy s odlišnými konstrukcemi či speciálními povrchovými úpravami.

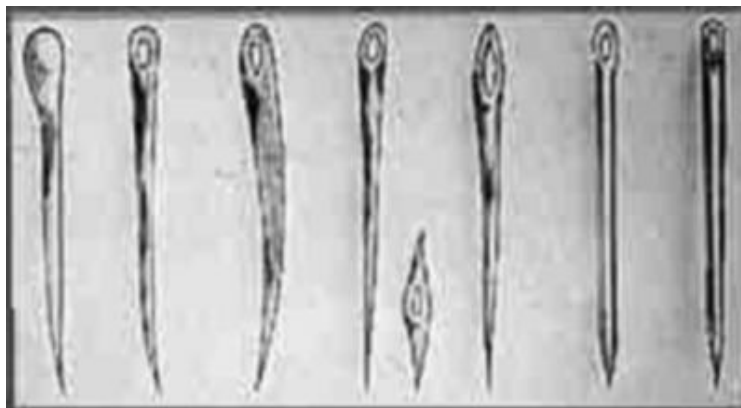
1.1. Historie šicí jehly

Prvopočátky užívání šicích jehel sahají až do dob pravěku (3 mil. př. n. l.). Sice je jen málo důkazů o existenci oděvů z této doby, ale mezi archeologické nálezy patří např. jednoduché roušky a šperky. V této době byly využity na výrobu jehly různé přírodní materiály, jako jsou ostré hroty kostí, trny anebo kamenné jehly. Období Mesolitu (8000 – 6000 př. n. l.), což byl přechod staré doby kamenné k nové době kamenné, je považováno za období, kdy se vyvinul tkalcovský stav, a také nit se stala jemnější, šicí jehly štíhlejší, byly vynalezeny náprstky pro ruční šití a do tkanin byly poprvé zatkávány len a vlna. Pro tuto dobu bylo charakteristické oblečení malých rozměrů a jednoduchých střihů. Měly čtvercový nebo obdélníkový tvar, ale kusy látek se sešívaly k větším tvarům např. jako T, který formoval tuniky [5]. Domorodí Američané sešívají kůži a jiné materiály pomocí jehly vytvořené z rostliny „agave“. Konce listů namáčely do vody, a poté z nich vysušením vytvořili jehlu, díky jejím trnům (obr. 1).



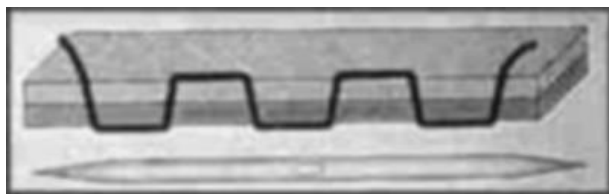
Obr. 1: Jehla z rostliny „agave“ [19]

Postupem doby se začaly vyvíjet různé šicí nástroje, používaným materiálem bylo dřevo a zvířecí kosti. Později byly tyto materiály nahrazeny bronzem a železem (obr. 2). Dosavadní výroba nebyla tak dokonalá, a tak se výrobci snažili jehly postupem času stále zdokonalovat. Již ve 14. století se podařilo norimberskému výrobcovi vyrobit jehlu na základě ocelového drátu, který se vícenásobně vyznačoval lepšími vlastnostmi pro šití oděvních výrobků. Tato technologie fungovala až do dob průmyslové revoluce v 18. století.

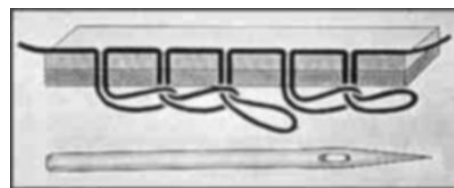


Obr. 2: První šicí jehly [4]

Koncem 18. století se objevily první snahy o to, nahradit pracné ruční šití šitím strojovým. Prvním takovýmto tvořitelem byl kolem roku 1755 Němec **Friedrich Weisenthal**. Použil nový typ šicí jehly, která měla ouško uprostřed a na koncích hroty (obr. 3). Tento typ jehly se však uplatňuje i v současnosti a to na některých pletařských strojích a šicích strojích imitujících ruční steh. V roce 1800 se podařilo německému vynálezci **Balthasaru Kremsovi** zkonstruovat šicí stroj šijící jehlou s ouškem u hrotu (obr. 4). Tento druh jehly byl podnětem pro další vývoj šicích jehel.



Obr. 3: Jehla s ouškem uprostřed [4]



Obr. 4: První jehla s ouškem u hrotu [4]

V roce 1829 Francouz **Bartoloměj Thimonier** vytvořil šicí stroj, který šil řetízkovým stehem. Použil speciální jehlu, která byla opatřena háčkem a po proniknutí látkou vytáhla smyčky spodní nitě na horní stranu látky. Látka se posouvala ručně a stroj měl výkon 200 stehů za minutu.

Podstatný přelom ve vývoji jehly se stal roku 1845, kdy bostonský mechanik **Eliae Howe** sestavil šicí stroj, který pracoval se spodní a horní nití a tím tvořil rovný vázaný steh. V konstrukci tohoto stroje využil poznatků svých předchůdců. Stroj se skládal ze základních částí, což jsou odběr nití přímo z cívky, samočinný posuv šitého materiálu, vytváření smyčky horní nitě, člunek s cívkou pro zásobu spodní nitě a samozřejmě jehla s ouškem u hrotu. Výkon stroje byl 300 stehů za minutu.

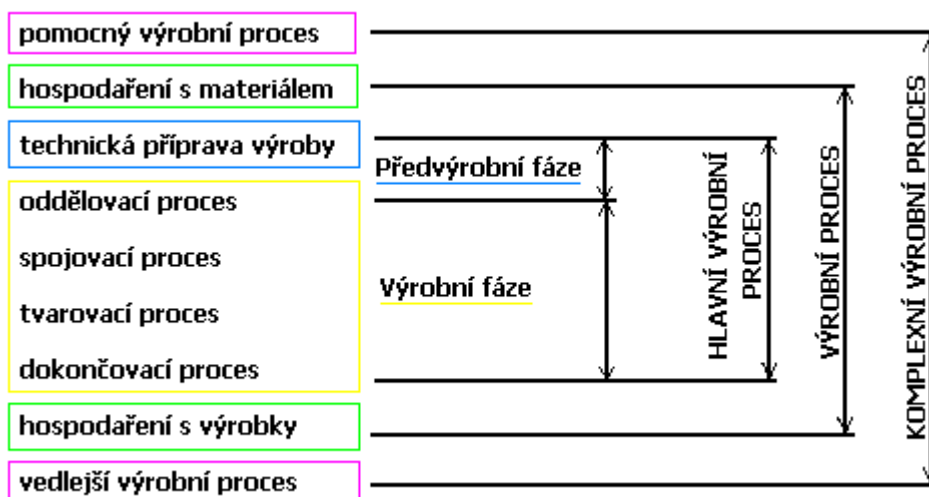
Dalším z důležitých mezníků ve vývoji šicího stroje a konstrukce šicí jehly byl rok 1852, kdy významný vynálezce **A. B. Wilson** zkonstruoval první šicí stroj s rotačním jednotáčkovým brýlovým chapačem. Tento šicí stroj pracoval s obloukovou šicí jehlou s ouškem na jejím hrotu a s ponorným podavačem materiálu se čtyřsměrným pohybem.

Mezi další výrobce a vynálezce, kteří se začali zabývat výrobou šicích strojů a strojních šicích jehel, byl Američan **Isaac Merrit Singer**, který od roku 1851 zdokonaloval Howeovy konstrukce a dosáhl velmi rychle podstatných úspěchů ve výrobě a konstrukci šicích strojů. Roku 1872 **Valter House** významně zlepšil Wilsonův šicí stroj a to tím, že vyměnil šroubovací brýle za záklopné a vylepšil podávání šicího materiálu díky zkonstruování nit'ové páky.

Ještě v této době se šicí jehly vyráběly ručním způsobem, který byl náročný, zdoluhavý a tím i drahý. V současnosti se výrobou šicích jehel, jak klasických, tak speciálních povlakovaných jehel, zabývá spousta českých a zahraničních firem (např. Grotz Beckert, SCHMETZ, Akra aj.).

1.2. Základní konstrukce šicího stroje

Hlavní funkce šicího stroje spadá do hlavní výrobní etapy *spojovacího procesu*. Na obr. 5 je pro připomínku znázorněno schéma výrobního procesu. Každý šicí stroj se skládá z funkčních ústrojí, která zabezpečují jeho funkci. Vzájemná časová vazba jednotlivých ústrojí umožňuje vlastní šicí proces. Uložení šicí jehly se nachází v ústrojí pohybu jehly, což je důležité si v této práci zopakovat.



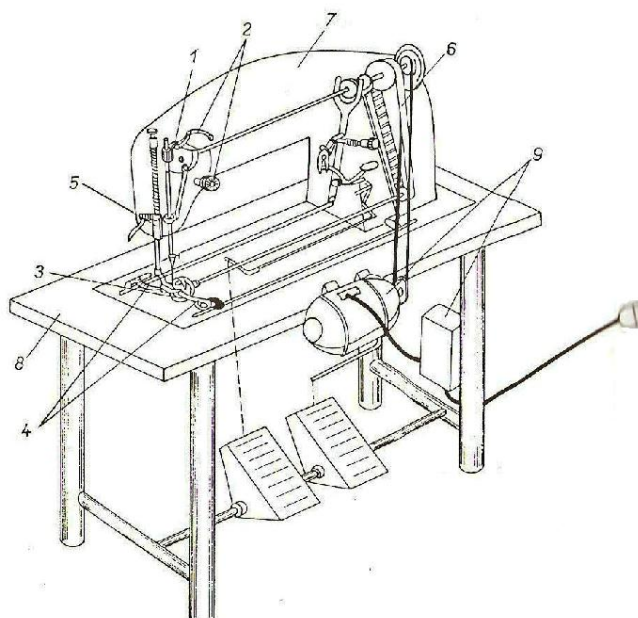
Obr. 5: Komplexní výrobní proces [8]

1.2.1. Hlavní části modelu šicího stroje

Výrobou různých typů šicích strojů se v dnešní době zabývá řada výrobců. Pro snazší orientaci a pochopení funkce šicího stroje byl odvozen tzv. model šicího stroje (obr. 6). Jsou v něm obecně popsány společné prvky a funkční ústrojí šicích strojů.

Model šicího stroje, tak jako každý šicí stroj, je sestaven z určitých charakteristických ústrojí, která zabezpečují jeho funkci.

- ústrojí pohybu jehly
- ústrojí podávání šicího materiálu
- ústrojí pro zachycení smyčky
- ústrojí posuvu šitého materiálu
- ústrojí přitlačné
- ústrojí převodová
- těleso šicího stroje
- mazání šicího stroje
- podstavec šicího stroje
- elektrické příslušenství
- přídatná zařízení [6]



Obr. 6: Hlavní části šicího stroje [6]

1-jehelní tyč, 2-podávání šicího materiálu, 3-chapač, 4-podavač šitého materiálu, 5-přítlač šitého materiálu, 6-převod ozubeným řemenem, 7-těleso šicího stroje, 8-podstavec, 9-elektrické příslušenství

Šicí stroje se převážně vyskytují v různých provedeních (ploché, sloupcové, ramenové aj.) a pracovní chod funguje na základě různých rychlostí. Právě rychlost šití může mít velký vliv na zvýšení působení třecích sil na šicí jehlu v pracovním procesu, tzn. zvýšení teploty jehly. Proto je důležité zvolit vhodné jehly pro šití daných materiálů. V oděvním průmyslu jsou k dispozici speciální strojové šicí jehly, které jsou opatřeny povrchovými úpravami. Některé materiály (syntetické) nejsou schopné absorbovat vyšší teploty při šití, proto jehly opatřené povrchovou úpravou pomáhají snížit vzájemné smykového tření mezi šitým materiálem a jehlou, a zamezí případnému poškození materiálů.

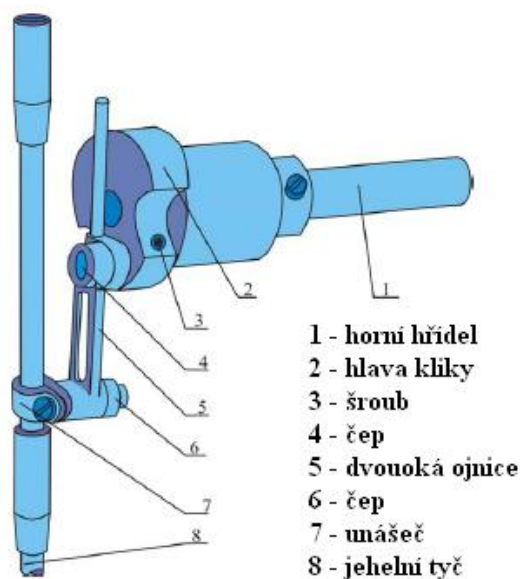
Rychlosti šicích strojů podle počtu otáček hlavního hřídele:

- volnoběžné (domácí) – do 2 500 ot./min
- rychloběžné - do 5 000 ot./min
- vysokootáčkové – nad 5 000 ot./min

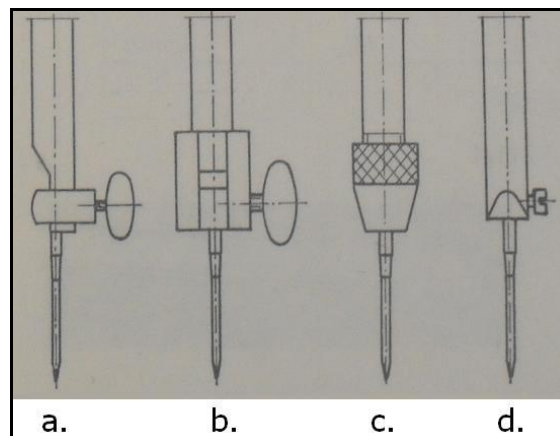
[2]

1.2.2. Ústrojí pohybu jehly

Uložení šicí jehly se nachází v ústrojí pohybu jehly, které je stehotvorně aktivní. Součástí tohoto ústrojí je jehelní tyč, ve které je jehla uložena silnější částí (dříkem) nahoru a zajištěna upevňovacím šroubem. Ústrojí zajišťuje pohyb jehly tak, aby při průchodu jehly šitým materiálem došlo k propíchnutí šitého materiálu a protažení vrchního šicího materiálu skrz šitý materiál. Je na tom závislé vytvoření správného pevného stehu, a to tak, že se na jehle ve spodní úvratí vytvoří potřebná smyčka pro zachycení chapačem (ústrojí zachycení smyčky). Ústrojí pohybu jehly koná základní přímočarý vratný pohyb, na základě daného mechanismu (klikový, mechanismus pravoúhlé kulisy, složený kloubový mechanismus). Nejpoužívanějším mechanismem pro tento pohyb je mechanismus klikový (obr. 7). Vedlejší výkyvný pohyb jehly umožňuje tvořit klikatý „cik-cak“ steh (čtyřkloubový a vačkový mechanismus). [7]



Obr. 7: Klikový mechanismus přímočarého vratného pohybu [7]



Obr. 8: Typy upevnění jehly v jehelní tyči [20]

Strojní šicí jehla se do jehelní tyče upíná těmito způsoby (obr. 8):

- svorkou jehly (domácí šicí stroje; dřík jehly je opatřen ploškou)
- jehelníkem pevným i odklopným (domácí i průmyslové šicí stroje)
- kuličkou a maticí (zejména domácích šicích strojů; upnutí jehly utažením šroubové objímky)
- šroubem přímo do jehelní tyče (zejména průmyslové šicí stroje; nejjednodušší způsob, pro válcový dřík jehly)

1.2.3. Elektrické příslušenství šicího stroje

K elektrickému příslušenství šicího stroje patří elektromotor, osvětlení šicího stroje a elektroinstalace.

Pro průmyslové šicí stroje bez automatizačních prvků se používají *elektromotory* na motorový střídavý proud, tj. třífázové 380/220 V, 50 Hz, se spojkou.

Stále častěji se používají *vario-stop-motory*¹ (servomotory), které umožňují pomocí vestavěných elektronických prvků ovládat polohu natočení osy jehly, takže jehla může zůstat v horní poloze nebo v dolní poloze zapíchnutá v šitém materiálu. Tyto motory umožňují použití přídatných zařízení, jako je např. automatický odstřih nití, zvednutí přítlačné patky aj. U šicích strojů s automatizačními prvky se používají elektromotory bez spojky.

¹ Experiment diplomové práce je prováděn na šicím stroji s tímto typem motoru.

Správné osvětlení šicího stroje je důležité pro přesnou práci i pro snižování námahy obsluhy. Osvětlení bývá zabudováno v rameni šicího stroje tak, aby svítilo přímo na pracovní plochu. [2]

1.2.4. Údržba šicího stroje

Pro obsluhu šicího stroje je důležité, aby měla možnost pohodlného a bezproblémového šití. Je proto zapotřebí, aby byl stroj pravidelně udržován. Nezbytnou součástí pro správný chod stroje je dostatečné mazání a čištění šicího stroje. Účelem mazání je snížit tření kluzných ploch a tím i jejich opotřebení. V menší míře slouží i k odvodu vzniklého tepla mazacím prostředkem. Správná údržba šicího stroje ovlivňuje kvalitu šití, a tím tedy bezporuchový chod šicího procesu. [2]

1.3. Základní konstrukce šicích jehel a použití [1]

Šicí jehly jsou vytvářeny v různých provedeních. Mezi základní druhy patří jehly rovné, obloukové, dvojčehly a trojčehly. Základní tvar jehly se dále odvozuje na základě různých tvarů hlavních částí jehly (dřík, pracovní část, hrot, ouško jehly aj.).

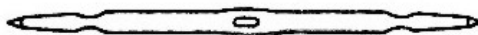
a) Rovné jehly

➤ s jedním hrotem a ouškem u hrotu (obr. 9)- propichují kolmo šitý materiál z jedné strany na druhou, kde se vytvoří smyčka z jehelní nitě a zachytí ji hrot stehotvorného ústrojí. Tyto jehly se používají u šicích strojů s vázaným a řetízkovým stehem.



Obr. 9: Rovná jehla s jedním hrotem a ouškem u hrotu

➤ se dvěma hroty a ouškem uprostřed (obr. 10)- propichují šitý materiál kolmo jednou z lící, vzápětí z rubové strany a protahuje jím celou zásobu nitě podobně jako u ručního šití. Smyčku z nitě jehla vůbec nevytváří.



Obr. 10: Rovná jehla se dvěma hroty a ouškem uprostřed

➤ háčkové (obr. 11)- propichují šitý materiál kolmo z jedné strany na druhou zachycují smyčku, kterou si vytvořilo stehotvorné ústrojí. Háčkové jehly se používají u vyšívacích strojů a na tvorbu řetízkového stehu.



Obr. 11: Rovná jehla - háčková

b) **Obloukové jehly** (obr. 12)- nepropichují zpravidla celý šitý materiál kolmo z jedné strany na druhou, ale špička jehly vybíhá z materiálu na té straně, do které vpichuje. Naopak u obnitkovacích strojů oblouková jehla propichuje šitý materiál kolmo z jedné strany na druhou. Obloukové jehly se používají u šicích strojů s obnitkovacím a krycím stehem.



Obr. 12: Oblouková jehla

c) **Dvojčehly, trojčehly** (obr. 13)- propichují kolmo šitý materiál z jedné strany na druhou a vytváří dvě nebo více řad stehů. Dvojčehlu tvoří dvě jehly, které jsou upevněny ve spojovací kostce, která je opatřena dříkem. Tyto jehly jsou nahrazovány dvěma jehlami uchycenými v jehelníku. Dvojčehly a trojčehly nebo jejich náhražky se používají u šicích strojů s ozdobným stehem.



Obr. 13: Dvojčehla

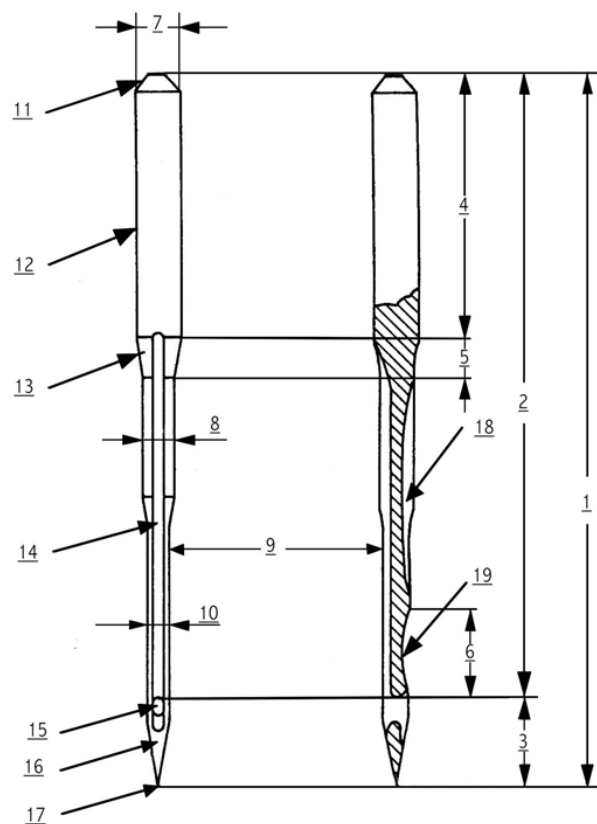
1.4. Základní konstrukce rovné šicí jehly [1]

Šicí jehla je jedna ze základních součástí šicího stroje. Je ukotvena v jehelní tyči a připevněna šroubem. Skládá se z několika částí, které určují vlastnosti jehly. Na základě těchto parametrů se volí její správné použití, pro dané typy šicích strojů a dle oděvního materiálu. Takovýto typ jehly je převážně používán pro šití tkanin vázaným stehem.

1.4.1. Hlavní části jehly

Je jednou ze základních částí šicího stroje. Její geometrie je patrná z obr. 14.

1. celková délka jehly
2. délka jehly od paty dříku k oušku jehly
3. délka špice
4. délka dříku
5. délka přechodového kužele
6. délka vybrání nad ouškem jehly
7. průměr dříku
8. tloušťka zesílené části těla jehly
9. tělo jehly
10. tloušťka zeslabené části těla jehly
11. pata dříku jehly
12. dřík jehly
13. přechodový kužel jehly
14. dlouhá drážka jehly
15. ouško jehly
16. špice jehly
17. hrot jehly
18. niťová drážka na výstupní straně jehly
19. vybrání nad ouškem jehly (krátká drážka)



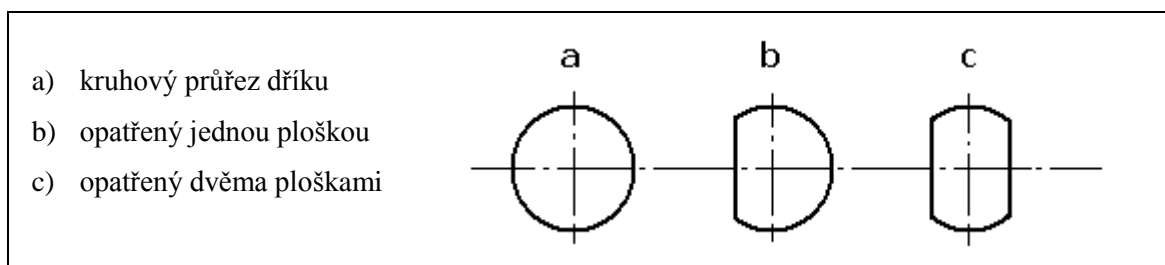
Obr. 14: Základní konstrukce šicí jehly

1.4.2. Charakteristika jednotlivých částí rovné strojové šicí jehly

SŠJ se skládá z určitých částí, které je potřeba znát ke správnému použití jehly. Jednotlivé části jehly jsou popsány v této kapitole:

- **délka jehly** - vzdálenost od paty dříku až k horní části ouška jehly.
- **pata dříku** - nízký komolý kužel, který svou menší základnou dosedá na dosedací plochu jehelní tyče při upnutí jehly.
- **dřík jehly** - silná válcovitá část těla horní části jehly. Dříkem se jehla upíná do jehelní tyče a koná s ní vratný přímočarý pohyb, který je nutný k propíchnutí díla a vytvoření smyčky. Dříky jsou různě tvarovány a upraveny podle způsobu uchycení

v jehelní tyči (obr. 15). Na dříku jsou vyryty rozměry, číslování nebo označení jehly. Dřík zachycuje namáhání jehly při šití.



Obr. 15: Průřez dříku jehly [2]

- **přechodový kužel** - tímto kuzelem přechází dřík v tělo jehly, zajišťuje stabilitu jehly. Jehly mohou a nemusí být opatřeny přechodovým kuzelem.
- **tělo jehly** - válcovitá funkční část těla jehly většinou s menším průměrem těla než je průměr dříku. Je opatřeno drážkami na návlekové a chapačové straně nebo i bez drážek, s ouškem i bez něho, s vybráním nad ouškem nebo i bez něj. Tělo je přizpůsobeno k propíchnutí šitého materiálu a ke tvorbě smyčky z jehelní nitě.
- **špice jehly** - zúžené zakončení těla jehly, vzdálenost od hrotu jehly až ke konci vybrání nad ouškem, špice kuželovitá nebo různě tvarovaná. Na špici je vytvořeno ouško s vybráním a hrot.
- **hrot jehly** - vrchol jehly různých tvarů, který propichuje dílo. Je přizpůsoben šitému materiálu, kterým bude pronikat. Jehly jsou opatřeny jedním nebo dvěma hroty.
- **ouško jehly** - otvor v jehle umístěný za hrotem jehly (u jehly se dvěma hroty umístěný uprostřed), který nese nit při šití. Jehly s ouškem, bez ouška nebo s háčkem.
- **dlouhá drážka jehly** - vybrání na těle jehly umístěné na návlekové i na chapačové straně jehly pro přivedení niti do ouška jehly. Jehly mohou být opatřeny jednou dlouhou drážkou, s dlouhou drážkou a nit'ovou drážkou na výstupní straně jehly nebo bez dlouhé drážky.
- **krátká drážka jehly** - vybrání na těle jehly umístěné na chapačové straně jehly. Jehly jsou vyráběny i bez drážky.
- **vybrání nad ouškem** - rádiusové jednostranné prohloubení na chapačové straně, které umožňuje hrotu stehotvorného ústrojí, aby se přiblížil co nejvíce k jehle a mohl zachytit smyčku. Jehly jsou vyráběny i bez vybrání nad ouškem.
- **návleková strana jehly** – je opatřena dlouhou drážkou. Z této strany se navléká jehelní šicí nit.

▪ **chapačová strana jehly** - strana jehly nasměřovaná k chapači (nebo smyčkovači), na které se zachycuje smyčka, snímaná hrotem stehotvorného ústrojí. Chapačová strana jehly je takto definovaná bez ohledu na druh stehotvorného ústrojí jako prevence proti pozdějšímu nedorozumění při popisu jednotlivých funkčních částí jehly.

1.4.3. Označování jehel

Označování strojových šicích jehel je důležité pro uživatele z hlediska technického, a to pro správný chod šicího procesu. Díky správně zvolené šicí jehle můžeme zamezit např. vynechávání stehů, pnutí vrchní nitě anebo zatrhávání vláken šitého materiálu. Mezi důležité parametry jehly patří *systém jehly*, *jemnost jehly* a *tvar hrotu a špice*. Určité značení se popisuje vyfrézováním v oblasti dříku. Různé druhy šicích jehel jsou jmenovány v katalogích s jejich popisy a parametry.

Pro určení SŠJ pro daný materiál platí pravidlo – silný šitý materiál vyžaduje silnou jehlu. Šicí materiál má ouškem jehly volně klouzat, ale na druhé straně nesmí ležet v oušku příliš volně. Kombinace „šitý materiál – šicí materiál – jehla“ by měla být uváděna v pracovním postupu.

Vztah šicího materiálu k oušku jehly lze přibližně určit z následujících vztahů:

- šířka ouška jehly je asi 0,4 tloušťky těla jehly
- tloušťka šicího materiálu je přibližně rovna šířce ouška
- jelikož tloušťka šicího materiálu není uváděna na etiketě, zjistí se jednoduše tak, že se na hladkou tyčku, např. tužku, navine 10 ovinů šicího materiálu, těsně u sebe se změří délka vzniklého bloku. Tloušťka šicího materiálu se uvádí jako 1/10 délky bloku. [2]

1.4.3.1. Systém jehly

Systém jehly v sobě zahrnuje *průměr dříku* a *funkční délku jehly* (funkční délka → délka jehly od konce jehly po počátek ouška). Systémové označení neobsahuje žádné konkrétní údaje o rozměrech nebo tvarech strojní šicí jehly. Všichni světoví výrobci mají své vlastní systémy označení strojních šicích jehel, které uvádějí na balení jehel. Např. SINGER 135 x 5, německý 134, japonský DA x 5.

1.4.3.2. Jemnost jehly

Jako evropské značení pro průměr těla jehly bylo zavedeno tzv. **číslo metrické** [Nm], jehož číselné označení vyjadřuje velikost průměru těla jehly v [mm] násobené stem. Vyjadřuje se tedy celým číslem, které bývá vyznačeno na dřívku jehly. Číselné hodnoty se pohybují od 60 do 120, a to tak, že nejnižší číslo značí jehlu nejtenčí a nejvyšší je jehla nejsilnější.

Druhý způsob číslování jemnosti je podle firmy **Singer** – toto americké značení je pomocí číselné řady (8, 10, 12, 14, 16, 18 a 19). Nejnižší označení 8 odpovídá číslu metrickému 60, nejvyšší označení 19 zas číslu metrickému 120. Aby nedošlo k poškození šitého materiálu musíme správně zvolit šicí jehlu s vhodnou jemností, viz. tabulka 1.

Tabulka 1: Jemnost šicí jehly [Nm] [20]

Druh textilního materiálu	Číslo jehly [Nm]
Velmi jemné hedvábí, záclonovina, výšivky	60
Velmi jemné bavlněné a hedvábné tkaniny, kepry, jemné tkaniny ze syntetických vláken, košile, halenky	70
Bavlněné a hedvábné tkaniny, lehké vlněné textilie, dám. šaty	80
Středně těžké vlněné tkaniny, lněné textilie, těžké bavlněné textilie	90
Těžké vlněné textilie, zimní pláště	100
Plachty, pytloviny, lehké kožené výrobky	110
Čalounění, lehké kožené výrobky	120
Těžké kožené výrobky	150 - 200

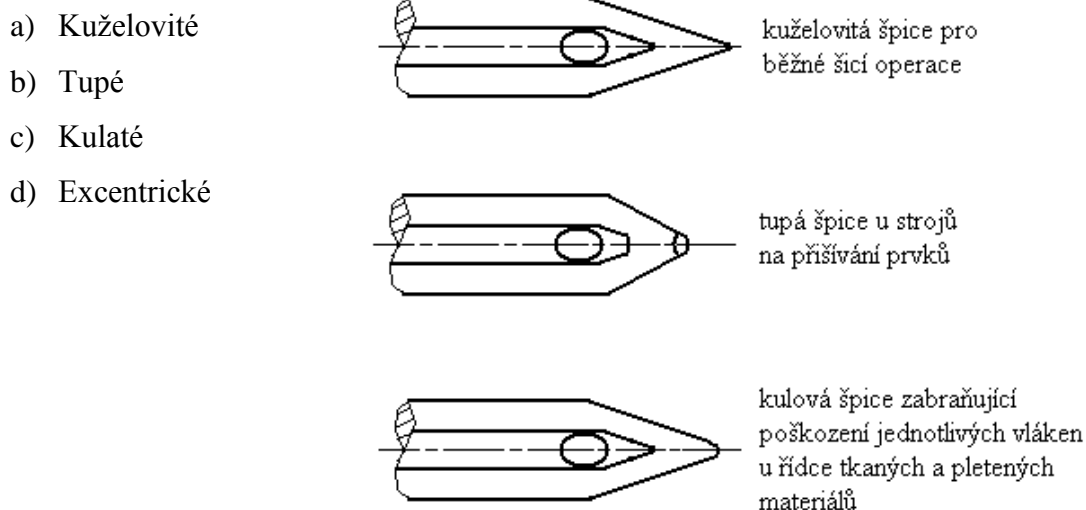
1.4.3.3. Délka špice a tvar hrotů

Řídí se dle použitého šitého materiálu. Záleží, zda-li je šitý materiál tkanina, pletenina, netkaná textilie, kůže nebo speciální materiál. Díky správně použité délce špice a hrotu jehly můžeme předejít poškození šitého materiálu.

Špice jehly:

Špice je zúžené zakončení těla jehly. Podle druhu šitého materiálu a jeho vlastností může být špice různě tvarovaná (obr. 16).

Obvykle se používá čtyř typů tvarů špiček pro šití charakteristických materiálů:



Obr. 16: Tvary špice jehly [2]

Délka špičky je od spodního okraje ouška po hrot jehly. Normální délka špičky je 1/10 celkové délky jehly. Je-li délka špičky jiná, je označena takto:

- R – špička mimořádně dlouhá
- S – špička mimořádně krátká

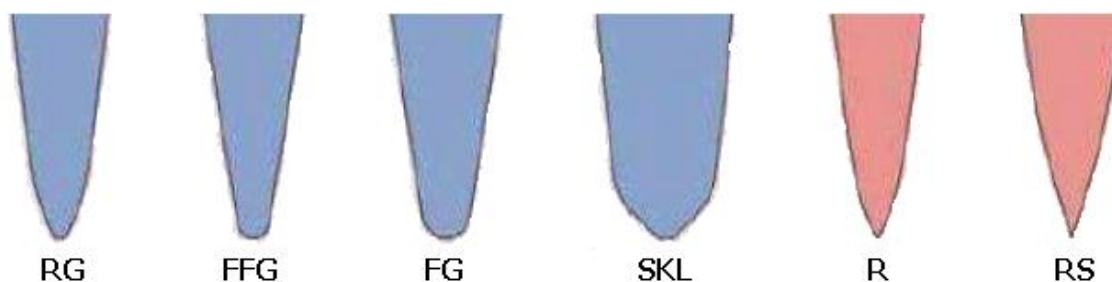
[2]

Pozn.: Šicí jehly s různými tvary špicí jsou znázorněny v příloze č. 1.

Hrot jehly:

Hrot zakončuje špici, zvětšuje vrcholový úhel špice a zvyšuje trvanlivost ostří. Pro textilie se volí nejběžnější kulaté hroty. Volba závisí částečně na vazbě tkaniny nebo pleteniny, ale i na vláknech, ze kterých se skládají (přírodní, syntetická), jiné zčásti na pevnosti a vzhledu požadovaného švu. Jehly se zakulaceným hrotem nepropichují nitě textilie, ale jsou odchýleny od těchto nití do volných míst v textili (vzdálenosti mezi nitěmi). Úplně ostré hroty se nepoužívají, jsou vždy mírně otupeny krátkým kuželem. Pro textilie se využívají různé druhy hrotů, které jsou popsány a znázorněny v příloze č. 2.

Pro příklad jsou na obr. 17 vidět různé značení hrotů jehel firmy Groz-Beckert.

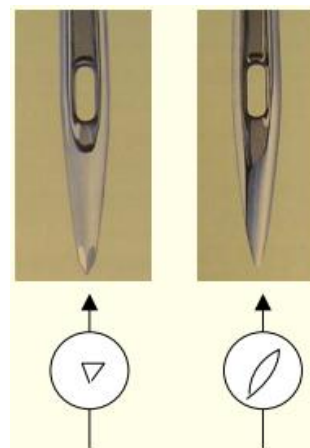


Obr. 17: Hroty jehel značky Groz-Beckert [3]

- **RG, FFG, FG, SKL** – zakulacené hroty, jsou určeny především pro pleteniny, pružné tkaniny s vysokým podílem elastomerů
- **R** (standardní), **RS** (ostrý - slepý steh) - jsou určeny pro tkaniny [3]

Tvar špice a hrotu pro šití kožených a speciálních materiálů musí být tvarován tak, aby při vnikání jehly působil co nejmenší odpor, snadno prořízl šitý materiál a příznivě ovlivnil správné položení a vzhled stehu. Proto jsou hroty pro šití kožených a speciálních materiálů různě tvarované (obr. 18). Špice při šití kožených materiálů prořezává (u textilních materiálů propichuje nebo roztahuje niti materiálu) šitý materiál a svým tvarem snižuje odpor materiálu působící při vnikání jehly do materiálu.

Mimo tyto uvedené tvary hrotů se pro šití kůže vyrábí ještě jiné tvary hrotů jehel např. hroty obdélníkové, čtvercové, obdélníkové zaoblené, lopatkové a další, které jsou jen pro speciální účely. [1]



Obr. 18: Tvar jehly pro šití kůže [3]

1.4.4. Tvorba smyčky při tvorbě stehu

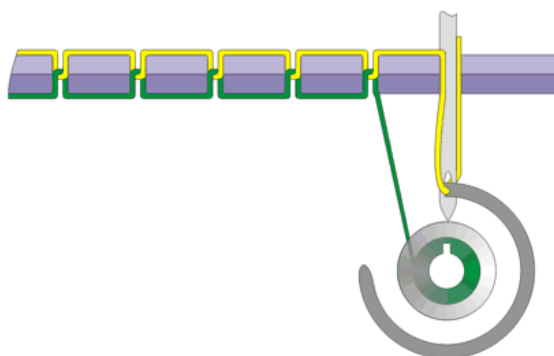
Smyčka šicího materiálu, tvořená za pomoci chapače a správného napětí nitě, je další z elementů, který je závislý na správně zvolené šicí jehle. Estetika a funkčnost švu je závislá na správnosti tvorby smyčky.

Rozlišujeme 2 strany jehly:

- **Návlekovou stranu** - z níž se jehelní nit do ouška navléká a na níž je vyfrézovaná dlouhá drážka.

- **Chapačovou stranu** – přivrácenou k chapači, kde se vytvořená smyčka zachycuje, snímá hrotem a na níž je vyfrézované vybrání pro chapač.

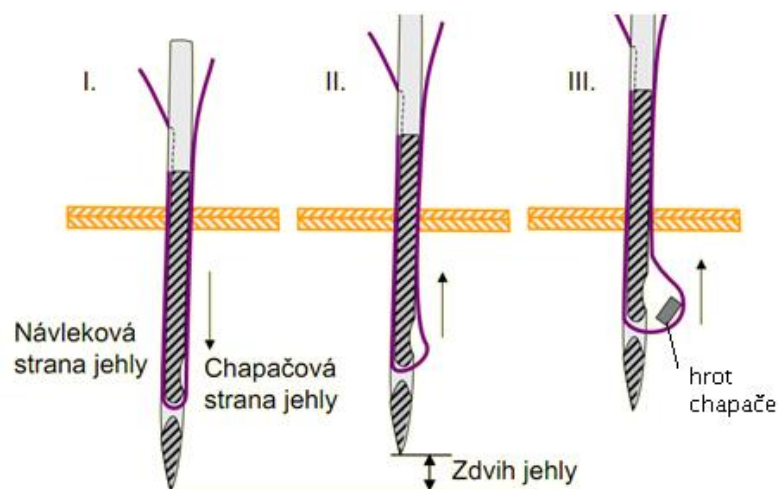
Na obr. 19 je znázorněn průřez čelním pohledem šicího stroje. Jehla je ve spodní úvratí pod stehovou deskou. Vázaný steh je tvořen vrchní a spodní nití, které spojují dvojitý šitý materiál. Na dalším obr. 20 je názorně vidět princip tvorby smyčky potřebné pro vytvoření daného stehu.



Obr. 19: Znázornění tvorby vázaného stehu při šití [9]

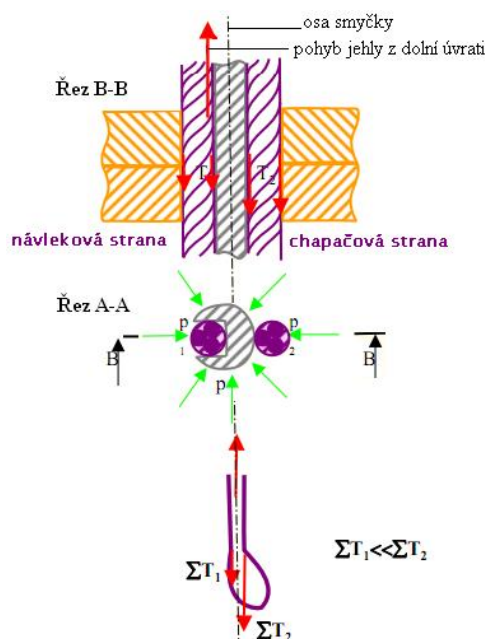
1.4.4.1. Postup tvorby smyčky

- Nejdříve jehla propíchne materiál – jehla je v dolní úvratí. Nit zapadne do dlouhé drážky na návlekové straně a na chapačové straně přilehne nit na povrch těla jehly.
- První fáze smyčky vzniká při zpětném pohybu jehly z dolní úvratí vzhůru. Je to začátek tvorby nesouměrné smyčky.
- Smyčka je zachycená hrotem chapače/smyčkovače a následuje zpracování smyčky pro tvorbu stehu.



Obr. 20: Tvorba smyčky vázaného stehu [7]

Principem vzniku smyčky je to, že návlekové straně působí na nit mnohem menší třecí síly než na straně chapačové. Proto je nit na návlekové straně jehly, tedy v drážce, méně bržděna než na straně chapačové, kde je mimo drážku. Výsledkem působících sil je, že se z původně téměř souměrné smyčky vytváří nesouměrná smyčka s převahou na chapačové straně jehly. Takto vytvořenou smyčku je možno snadno zachytit a uchopit hrotem chapače či smyčkovače a zpracovat ji při tvoření stehu. Síly působící na vrchní nit jsou znázorněné na obr. 21.



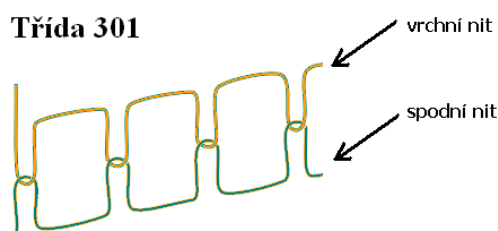
Obr. 21: Princip tvorby smyčky [7]

[8]

1.4.4.2. Vázaný steh

Na základě takto tvořené smyčky vznikne steh, který se označuje stehem vázaným² – třída 301. Následným opakováním stehů se tvoří řádka stehů, tj. šev. Vázaný steh je na obr. 20. [7]

Třída 301



Obr. 22: Vázaný steh třídy 301

² Experiment DP je měřen na průmyslovém šicím stroji s vázaným stehem.

2. Výroba strojních šicích jehel

Jehly, nejen do průmyslových šicích strojů, bývají převážně vyrobené z tzv. jehlového ocelového drátu. Je to základní materiál při výrobě jehel, který v konečné úpravě jehly může být doplněn o speciální povrchovou úpravu jehly. V této kapitole jsou popsány počátky vývoje výroby SŠJ, a také popisuje, jak a z čeho šicí jehly vznikají.

2.1. Historie výroby SŠJ, výrobci

V roce 1930 byl v Německu uveden do provozu první stroj na lisování a děrování strojních šicích jehel. **Ferdinand Bernhard Schmetz** (1897 – 1968), který byl organizátorem této výroby, provedl systematickou normalizaci šicích jehel, kde je uvedeno cca 2000 druhů.

Firma **Singer** ve Würselenu v roce 1922 se stala další německou firmou, která se zabývala výrobou SŠJ. Zabývá se výrobou asi 7000 druhů jehel pro domácí i průmyslové šicí stroje.

V době mezi 1 a 2 světovou válkou se firma Baťa přestěhovala z německého Porýní do českého Zlína. Tak po r. 1945 začala výroba SŠJ pro domácí i průmyslové šicí stroje i u nás. [10]

Roku 1947 se výroba jehel ze severních Čech přesunula do Českých Budějovic. Podnik byl nazván **IGLA**, jeho produkce byla zaměřena zpočátku především na ruční jehly. V letech 1950 a 1953 byly k podniku přičleněny závody v Lužicích a Valašských Kloboukách, všechny tři vytvořily národní podnik IGLA. V průběhu let vzrostl počet zaměstnanců z 300 na 1800. Výrobní sortiment se výrazně rozšířil např. o pletací jehly, SŠJ pro domácnost i průmysl, rybářské háčky anebo chirurgické jehly.

V roce 1988 se národní podnik IGLA stal státním podnikem a v r. 1990 se transformoval na akciovou společnost **AKRA**. Nový název byl převzat z ochranné známky, registrované v desítkách zemí z celého světa. V roce 1992 byla firma zprivatizována přímým prodejem společnosti Groz-Beckert KG. Logo této i jiných firem jsou pro ukázkou na obr. 23.



Obr. 23: Výrobci SŠJ

Koncern **Groz-Beckert KG** vznikl v roce 1852 a v dceřiných společnostech po celém světě pro ni pracuje při vývoji, produkci, prodeji i v servisních službách přes osm tisíc zaměstnanců. Její výrobky jsou prodávány ve více než 135 zemích světa. V r. 1999 se z akciové společnosti AKRA stala AKRA s.r.o. s jediným společníkem, kterým je Groz-Beckert KG. V roce 2001 rozvoj firmy vyvrcholil změnou obchodního názvu na Groz-Beckert Czech s.r.o. Tím se firma zařadila do světové skupiny Groz-Beckert.

Groz-Beckert Czech s.r.o. je dnes firmou, která se vyznačuje výrobkovou specializací, vysokou produktivitou, zárukou nejvyšší kvality, zaručenou certifikací systému jakosti podle ISO 9001 pro jehly do průmyslových šicích strojů, pro jehly do pletacích strojů a jednoúčelových nástrojů, taktéž pružnou inovací a důslednou péčí o ekologii. Společnost má v současné době 900 zaměstnanců. [11]

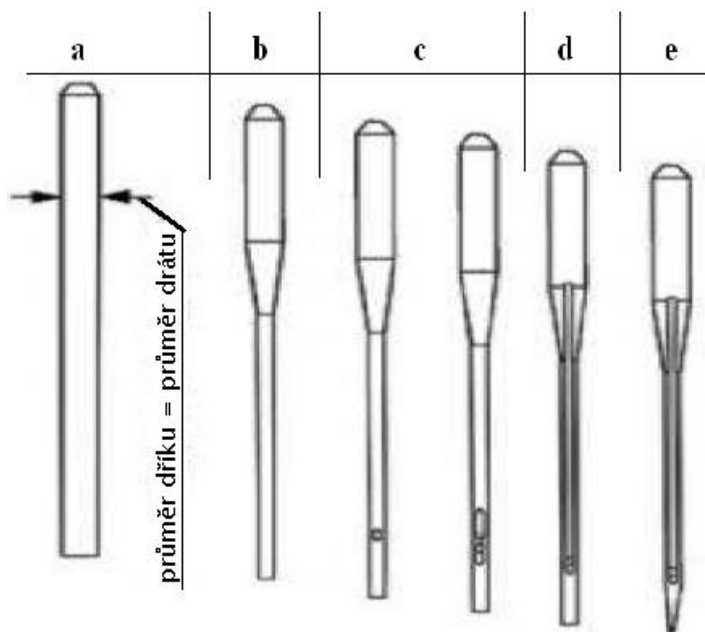
2.2. Způsob výroby šicích jehel

Samotná výroba šicích jehel má plynulý průběh. Ocelový drát příslušného průměru je navinut na cívkách. Odvíjením z cívky je následně narovnávan a sekán na příslušnou délku vyráběné jehly. Průměr ocelového drátu odpovídá průměru dříku jehly, tj. největšímu průměru jehly. Charakteristickým znakem každé strojní šicí jehly je její délka a průměr dříku. Z těchto údajů se také vychází při označování strojních šicích jehel.

Prvním charakteristickým výrobním znakem jehly je její délka a průměr dříku. Průměr dříku se sníží na průměr těla jehly (obr. 24b). Vytvoří se přechodový kužel a u odstupňované jehly přechodová část. Po zhotovení těla jehly se lisuje ouško jehly a vybrání nad ouškem (obr. 24c). V další fázi se vytvoří dlouhé a krátké drážky (obr. 24d). Nakonec se vybrousí špice a hrot jehly (obr. 24e). Vše dle požadovaných parametrů výrobce. [1]

Pak následuje tepelné zpracování jehly, které je důležitou výrobní operací a provádí se za účelem docílení vhodné struktury, resp. požadovaných vlastností (např. tvrdost, ořezuvzdornost, houževnatost, pevnost aj.). Tepelné zpracování se skládá ze tří

způsobů - žíhání na měkko, kalení se zmrazováním a popouštění. Výslednou mikrostrukturu strojních šicích jehel tvoří velmi jemný martenzit, drobná zrnka jemnozrně a rovnoměrně vyloučených karbidů a zbytkový austenit. Poté následuje leštění jehly v oblasti ouška. Pro zvýšení odolnosti strojních šicích jehel proti mechanickému a termickému namáhání v procesu šití se v konečné fázi výroby povrchy jehel upravují. [4]



Obr. 24: Postup výroby šicí jehly [4];

a- průměr drátu, b- přechodový kužel, c- vylisování ouška,
d- vybrání nad ouškem (vybrání pro chapač), e- vyfrézování dlouhé drážky

2.3. Materiálové složení SŠJ

Pro výrobu strojních šicích jehel se používá tzv. jehlový ocelový drát. Dráty jsou vyrobené z tažené nadeutektoidní oceli s vyšším obsahem uhlíku (cca 0,8 %). Z nástrojových uhlíkových ocelí jsou to nejčastěji třídy ČSN 19 192, ČSN 19 221, ČSN 19 222, žíhané na měkko se strukturou globulárního perlitu.

2.3.1. Žíhání oceli na měkko

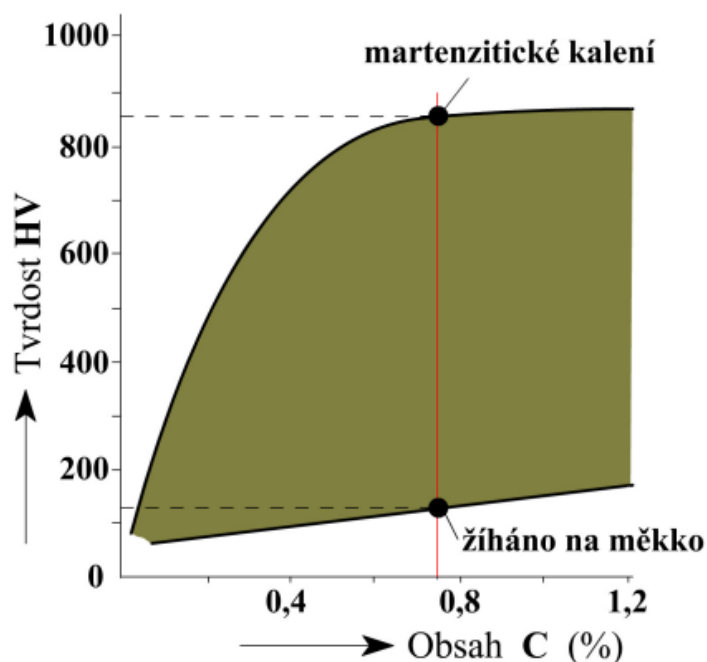
Ocelová součást je vložena do pece a ohřata na teplotu 680 až 790 °C s následující výdrží (setrvání) na teplotě po dobu 6 hodin. V průběhu výdrže dochází ke sferoidizaci (za účelem zlepšení obrobiteľnosti materiálu) perlitického cementitu. Původní struktury,

což je lamelární perlit se změní na globulární perlit. Následným pomalým chladnutím v peci se dosáhne stavu s minimálním vnitřním pnutím, čímž se stane struktura materiálu ideální pro tváření za studena. Původní pevnost v tahu byla $R_m = 785$ MPa, žiháním na měkko se sníží na 450 MPa.

2.3.2. Globulární perlit

Uhlík se různě tepelně zpracovává, aby dosáhl určité struktury a tvrdosti ocele. Tepelným zpracováním rozumíme všechny postupy, při nichž se vnitřní stavba oceli o vhodném chemickém složení mění pomocí teplotních změn, což ovlivňuje mechanické vlastnosti oceli. Tvrdost oceli v závislosti na obsahu uhlíku a struktuře je vyznačena na obr. 25. Aby se dosáhlo výsledné struktury, tak eutektoidní ocel je modelována fázovými přeměnami. Fázové přeměny se provádí různými způsoby:

- žihání na měkko
- žihání normalizační
- izotermické zušlechťování
- přímé mertenzitické kalení

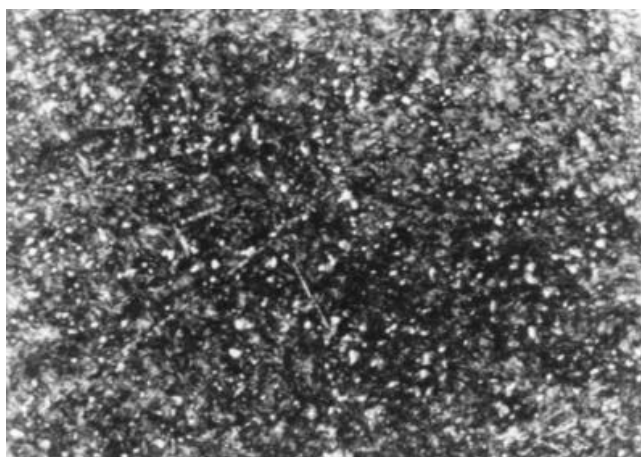


Obr. 25: Vliv obsahu uhlíku a tepelného zpracování na tvrdost oceli [12]

Tepelné zpracování ocele způsobem žihání na měkko získáme výslednou strukturu „globulární perlit“. Z obr. 25 je zřejmé, že nejnižší tvrdosti vykazuje právě

ocel žíhaná na měkko se strukturou globulárního perlitu, naopak nejtvrdší je zakalená ocel s martenzitickou strukturou. Zakalená eutektoidní ocel (0,7765 % C) je přibližně 7 x tvrdší než ocel žíhaná na měkko. [12]

Výslednou mikrostrukturu SŠJ tvoří velmi jemný martenzit (obr. 26), drobná zrnka jemnozrnně a rovnoměrně vyloučených karbidů a zbytkový austenit. Po dokončení hotové konstrukce jehly následuje leštění jehly v oblasti ouška a pro zvýšení odolnosti strojních šicích jehel proti mechanickému a termickému namáhání v procesu šití se v konečné fázi výroby povrchy jehel upravují. [4]



Obr. 26: Struktura velmi jemného martenzitu, zbytkového austenitu a sekundárního cementitu (nital, 1000x) [4]

2.4. Povrchové úpravy šicích strojových jehel

V dnešní době se výrobci SŠJ hodně soustředí na jejich vylepšování, jak z hlediska konstrukčního, tak i povrchové úpravy. Na jehly aplikují různé speciální povlaky, které minimalizují nežádoucí vlastnosti jehly v procesu šití. Hlavním úkolem povrchové úpravy SŠJ je snížit součinitel tření mezi jehlou a šitým materiálem a díky tomu snížit teplotu jehly. Dále pak chrání jehlu proti korozi, snížit opotřebení jehly či omezit ulpívání taveninových částeczek chemických vláken. Mezi dosud užívané povrchové úpravy se řadí leštění, chromování, niklování, nitrid- titanový a teflonový povlak, anebo keramický povlak hrotu jehly. V současnosti se již SŠJ bez povrchové úpravy nevyrábějí. Standardní jehla je zpravidla ošetřena leštěním a opatřena chromovou úpravou.

2.4.1. Leštění

Nejjednodušší povrchová úprava jehel. Negativem je, že neposkytuje ochranu strojní šicí jehly proti korozi, která může být způsobena chlazením jehly vodní mlhovinou.

2.4.2. Chromování

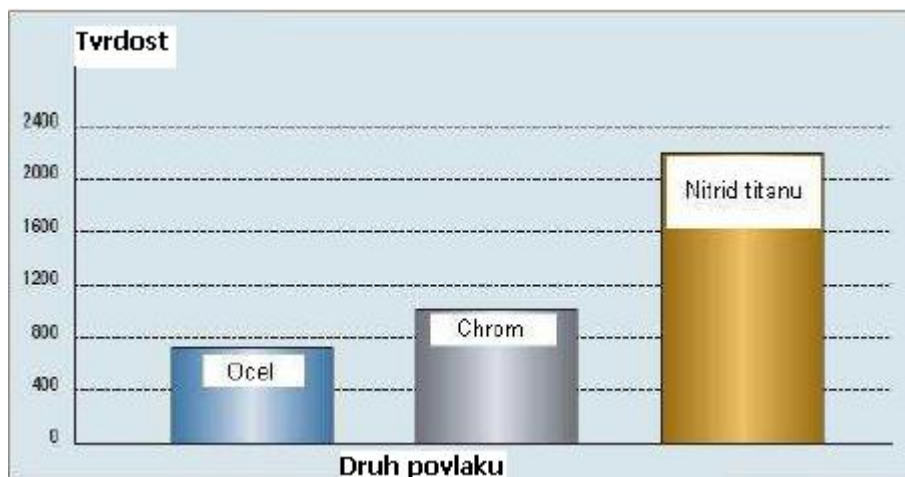
Je to nejpoužívanější povrchová úprava strojních šicích jehel, která se používá v průmyslové výrobě. Chromový povrch chrání strojní šicí jehlu nejen proti korozi, ale zejména jí poskytuje vysokou odolnost proti opotřebení během procesu spojování materiálů. Chromovaná strojní šicí jehla má mimořádně hladký a lesklý povrch, čímž je omezeno ulpívání částeczek šitého materiálu na jejím povrchu. Je vhodná pro šití syntetickými nitěmi i při šití vysokou rychlostí. Chromování se provádí pomocí elektrochemického procesu tzv. plazmovou technologií.

2.4.3. Niklování

Tento povlak chrání SŠJ proti korozi. Jehly s niklovým povrchem se velmi pomalu v šicím procesu zahřívají a vykazují dostatečnou odolnost vůči teplotám pod 250°C. Ovšem teploty nad 250°C, které vznikají v důsledku multidirekcionálního šití nebo vlivem povrchové úpravy šitého materiálu, způsobují rozklad povrchové vrstvy jehly. Dochází tak k natavení vpichovaných otvorů v šitém díle, což zanechává černou stopu. Z těchto důvodů není vhodné tuto jehlu zvolit pro šití syntetických materiálů a je určena spíše pro domácí šicí stroje. V průmyslu byl tento způsob povlaku nahrazen chromováním. Niklování se provádí technologií zvanou galvanizace.

2.4.4. Nitrid- titanový povlak

Jehly s tímto povrchem získávají extrémní tvrdost a vysokou pružnost špičky odolávající opotřebení a prasknutí. Při vysokorychlostním šití odolávají kmitání a vibracím, které vznikají při vpichu do šitého materiálu a při podávání šitého materiálu. Tyto jehly se díky vynikajícím vlastnostem povrchu TiN využívají na spojování technických textilií používaných např. v automobilovém průmyslu. Groz- Beekert vyrábí tyto jehly pod názvem GEBEDUR. Na grafu č. 1 je znázorněna vysoká tvrdost těchto jehel v porovnání s nepovlakovanou a chromovou jehlou.



Graf č. 1: Tvrdost povlaků [3]

2.4.5. Teflonový povlak

Používá se převážně u syntetických materiálů. Výhodou těchto jehel je, že při průchodu šitým materiálem zabrání přilepení nánosu vzniklé taveniny na jehlu, tím předchází k poškození stehu.

Teflon je obchodní název pro polytetrafluoretylen. Jde o termoplastickou pevnou, chemicky a tepelně značně odolnou hmotu. Vlivem tepelných vlastností (nízká tepelná vodivost) tohoto povlaku je teplo z jehly odváděno převážně na šitý materiál a šicí nit. Tímto dochází k natavení materiálu ze syntetických vláken po ušití 100 až 150 mm textilie.

Výzkumy zabývající se měřením teplot strojních šicích jehel s teflonovým povlakem ukázaly, že se tyto jehly na povrchu zahřívají více než jehly chromované. Jehly s tímto povlakem nelze použít při spojování technických textilií používaných v automobilovém průmyslu. Groz-Beckert vyrábí tyto jehly pod názvem GEBELUB.

2.4.5.1. COOL- šicí jehla „nové generace“ (angl. COOL- sew needle) [14]

„COOL – SEW“ je jakoby ochranná známka firmy Diamond Needle Corp, která se zabývá nelepivou teflonovou úpravou strojních šicích jehel. Speciální povrch této jehly byl vyvinut pro zmírnění komplikací jehly vycházejících z následujících situací:

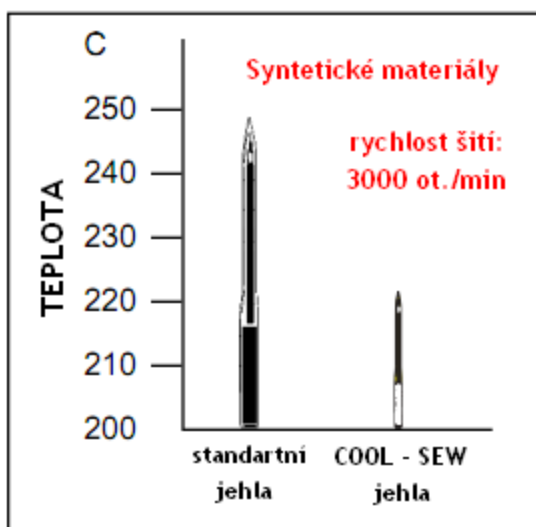
- Vysoká teplota jehly při šití syntetických, silných či chemicky ošetřených materiálů.
- Ulpívání natavenin ze syntetických materiálů na povrchu jehly, či v oušku jehly.
- Příliš silná šicí nit, která se poškodí v důsledku vysokého tření v oušku jehly.

Syntetické, chemicky ošetřené anebo velmi silné materiály způsobují vyšší tření na jehle při šití. Jehla pak získává vysoké teploty, které mají negativní vliv na šitý či šicí materiál. Na základě rychlosti šití, což je v průmyslu až 5 000 otáček za minutu, se jehla příliš zahřeje a tyto materiály se nataví a ulpí na povrchu, kde jehla prochází šitým materiálem (obr. 27). Má to velký vliv na kvalitu šitého stehu.

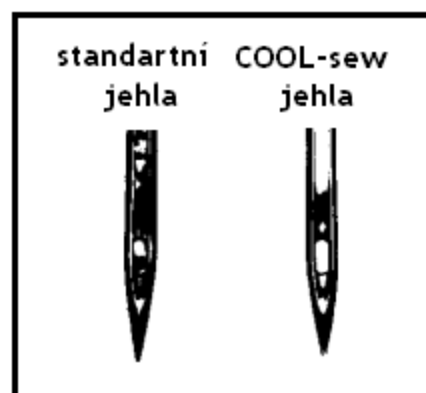
Technické materiály, jako je např. guma, pěna či syntetická výplň, s nimiž je jehla v kontaktu v průběhu šití, jsou choulostivé i při nižších rychlostech. Ve výsledku může vzniknout protažení šitého materiálu skrz šití

Syntetické vlákna mají často vyšší koeficient tření než vlákna z přírodních vláken jako např. bavlna. Při vyšších rychlostech šití se zvyšuje i rychlost šicího materiálu procházejícím ouškem jehly, čímž se vyvíjí vyšší tření na jehle a teplota jehly tak stoupá což je patrné z grafu č. 2. Takto vzniklé teploty mohou způsobit i přetrhnutí šicí nitě.

Chemicky ošetřené materiály mohou mít též vliv na vyšší tření šicích jehel při šití. Různé izolace, barviva, škroby, adheze, šlichtování či jiné úpravy šitých materiálu může vést k zahřívání jehly, ulpívání částeczek těchto zbytků na jehle a v oušku jehly.



Graf č. 2: Teplota jehly při šití - COOL - SEW jehla [14]



Obr. 27: Rozdíl mezi standardní a COOL - Sew jehlou [14]

COOL – SEW povrch jehly je vysoce odolný vůči výše zmíněným nedostatkům, které vznikají u standardních jehel. Částičky s chemicky upravených materiálu neulpívají na povrchu jehly, její nepřilnavý povrch má velmi nízký koeficient tření, což zabraňuje nadměrnému zahřívání SŠJ.

Při použití této jehly lze očekávat kvalitní steh, menší poškození šicí nitě, méně zvrásněné stehy, méně prostojů v procesu šití, celkově méně vad a vyšší produktivitu práce.

COOL – šicí jehly jsou ideální pro šití PVC, plasty, chemicky ošetřené oděvní materiály, lepené materiály, pogumované výrobky, nylon, pěny, hustě tkané materiály a syntetiku.

2.4.6. Keramický povlak

Nános keramického povlaku na hrot jehly je určen k nižšímu zahřívání. Prozatím jsou tyto jehly stále ve vývoji.

[1, 4, 13]

2.5. Technologie povlakování jehel [4]

Způsob povlakování jehel se provádí dvěma způsoby; elektrochemicky (galvanické pokování) nebo plazmovými technologiemi. Zvolení technologie je závislé na druhu povlaku.

2.5.1. Elektrochemické povlakování

Povrchové úpravy jehel elektrochemickým způsobem jsou jedním z nejrozšířenějších způsobů vytváření povlaků. Důvodem je vysoká přesnost vylučovaných povlaků o tloušťce 10-3 až 10-4 mm. Tímto způsobem se vytváří povlakování jehel chromováním a niklováním.

2.5.2. Povlakování plazmovými technologiemi

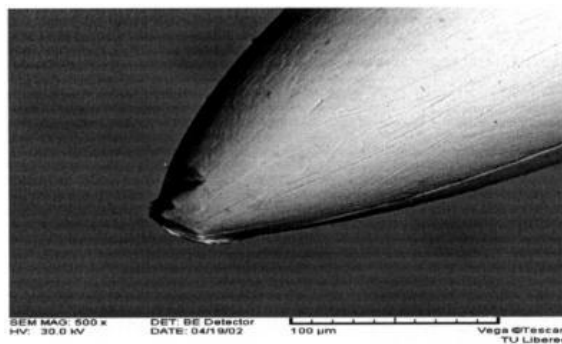
Plazmové technologie vytvářejí povlaky na základě rychlého roztavení prášků přivedených plynem do plazmy a vržením drobných kapiček velkou rychlostí na povrch součásti. Tloušťka povlaku dosahuje hodnoty 0,3 mm. Tato povrchová úprava jehel patří v současné době k jedné z nejlepších.

Povlaky jehel z TiN se nanášejí pomocí výboje elektrického oblouku, který vytvoří kovovou plazmu v atmosféře dusíku. Nanesením je dosaženo homogenního tvrdého povlaku o tloušťce 0,4 μm. Životnost strojní šicí jehly s povrchovou úpravou TiN je podstatně vyšší v porovnání s ostatními povlaky.

2.6. Opotřebení šicích jehel [4]

Ocel, z které se SŠJ vyrábějí, nemá až tak zásadní vliv na kvalitu šití a na problémy vznikající v procesu spojování. Důležité pro spojovací proces jsou právě povrchové úpravy šicích jehel. Určitý druh povlaku dodává jehle potřebné vlastnosti, které zvyšují kvalitu vzniklého spoje a délku „životnosti“ jehly. Jehly tak jsou lépe odolnější vůči mechanickému nebo termickému namáhání při šití, a díky tomu nedochází tak rychle k jejich opotřebení či zničení. Tento fakt vede k vyšší produktivitě práce. Pracovník se nemusí zdržovat častou výměnou poškozené jehly anebo jinými škodami, které vznikly na materiálu právě kvůli špatné kvalitě SŠJ.

Životnost a opotřebení povrchu jehel je doba, po kterou je SŠJ schopna vytvářet kvalitní steh. Opotřebení je závislé na typu povrchové úpravy jehly a podmínkách spojovacího procesu. Četné jehelní testy jasně ukazují, že na špičce jehly se vyskytují stále podobné jevy opotřebování (viz obr. 28). V době, kdy je již standardní jehla se svojí opotřebovanou špičkou funkce neschopná, jehla s povlakem TiN může ještě dlouhý čas bez problémů šít [3]. V příloze č. 3 je uvedeno více příkladů poškozených hrotů jehel.



Obr. 28: Chromová úprava jehly
- po pěti pracovních směnách [4]

3. Namáhání strojové šicí jehly v procesu šití

Šicí jehla je ve spojovacím procesu namáhána dvěma způsoby; mechanicky, termicky. Nejčastějšími problémy při šití, které vznikají v následku těchto namáhání jsou poškození materiálu, chybné vpichy anebo řasení šitého materiálu následkem stlačení nití.

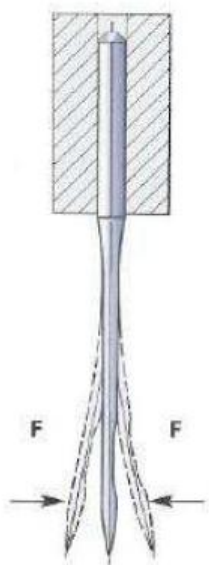
3.1. Mechanické namáhání

Mechanické namáhání je na vzpěr a ohyb. Když jeden z těchto jevů bude přesahovat toleranční mez, šicí jehla se zdeformuje.

3.1.1. Namáhání na ohyb

Vyskytuje se nahodile, např. je-li jehla odváděna od směru kolmého vpichu vlivem šitého materiálu nebo při přešívání tlustých nebo příčných švů. [15]

Při zpracování technických textilií se používají extrémně tvrdé materiály. Odpor vpichu je pak velmi vysoký a to často vede k vychýlení jehly, což je znatelné na obr. 29. Příklad šicí jehly odolné vůči ohybu je jehla SAN® 5 GEBEDUR® od firmy Groz-Beckert. Úkolem bylo zkonstruovat jehlu s vysokou stabilitou v kombinaci s vhodnou silou vpichu.



Obr. 29: Ohyb jehly při šití [3]

Následkem vychýlení jehly může docházet k těmto nežádoucím jevům:

- vynechané stehy
- poškození materiálu
- poškození hrotu smyčkovače
- zlomení jehly
- štěpení a přetržení vlákna

[3]

3.1.2. Namáhání na vzpěr

Na vzpěr je jehla namáhána při každém vpichu do šitého materiálu, protože strojní šicí jehla několikanásobně (nejméně 25x) převyšuje průměr jejího těla. Zvýšení odolnosti strojní šicí jehly vůči mechanickému namáhání spočívá ve zvýšení tuhosti jehly, tzn. aby síla potřebná k vybočení jehly byla co největší.

3.1.3. Zvýšení odolnosti strojní šicí jehly vůči mechanickému namáhání

Lze provést dvěma základními způsoby:

- a) geometrickou změnou jehly
 - tvaru průřezu
 - tvaru těla jehly
 - tvaru hrotu jehly
- b) změna nanesením povlaku

[15]

3.2. Termické namáhání

Termické namáhání je způsobeno na základě třecích sil, které působí proti jehle při šití. Zahřátí šicí jehly při chodu může negativně ovlivnit povrch jehly a strukturu šitého anebo šicího materiálu, a tím zničit estetičnost a funkčnost výrobku. Působení vysokých třecích sil se převážně negativně projeví u syntetických nebo směsových materiálů, jelikož mají nižší teplotu tavení. Toto narušení nebývá po ušití švu pozorováno, avšak po vyjmutí nebo vypárání díla jsou patrné „vytavené“ otvory po vpichu jehly. Při šití kratší délkou stehu může dojít k úplnému znehodnocení švu. [15]

3.2.1. Způsoby zvýšení odolnosti jehly proti termickému namáhání

Zahřívání šicí jehly je nežádoucí faktor, jehož výskyt je potřeba minimalizovat. V kapitole č. 3.3. je popsáno, jak lze tepelné namáhání SŠJ měřit. Teplota jehly se zvyšuje v průběhu šití a to může mít negativní vliv na šicí a šitý materiál a celkově tak na kvalitu švu.

Termické namáhání ovlivňuje řada faktorů:

- délka šitého spoje při šicím procesu
- rychlost otáček šicího stroje při šicím procesu
- druh materiálu šitého díla
- počet vrstev šitého díla
- druh šicího materiálu
- povrchová úprava jehly a materiál použitý k výrobě jehly
- konstrukce jehly
- druh použitého stehu a švu
- kvalita údržby a obsluhy šicího stroje

Zvýšení teploty jehly v procesu šití lze omezit třemi způsoby [15]:

- změnit geometrii jehly
- chladit jehlu při šití
- nanést povlak na tělo strojní šicí jehly neboli provést povrchovou úpravu jehly

3.2.1.1. Geometrie jehly

Provedení konstrukce SŠJ je sestavená právě tak, aby tření mezi jehlou a šitým materiálem bylo co nejnižší. Jehla je opatřena dvěma či více přechodovými kužely. Díky tomu je tloušťka jehly odstupňovaná, což klade menší odpor vůči prostupu jehly materiálem. Pro příklad strojové šicí jehly je na obrázku č. 30 názorně vidět přechod mezi jednotlivými úseky jehly. Nejsilnější část SŠJ je zvaná dřík.



Obr. 30: Přechodový kužel SŠJ [3]

Různé tvary špicí SŠJ také působí na zahřívání šicí jehly při šití. V současnosti se výrobci SŠJ na tuto problematiku dosti zaměřují. Konstrukteři navrhují nové tvary jehel, které způsobují co nejnižší tření při průpichu jehly šitým dílem.

3.2.1.2. Chlazení jehly při šití

Provádí se dvěma způsoby:

- *Chlazení vzduchem*
 - chladicí vzduch je veden dutou jehelní tyčí
 - chladicí vzduch je přiváděn ze samostatného zdroje, přičemž samotná tryska může být umístěna pod stehovou deskou nebo v přítlačné patce.
- *Vlhčení šicí nitě*
 - smočení celé cívky v mazacím prostředku
 - průchodem šicí nitě mazadlem před stykem nitě s jehlou

3.2.1.3. Povrchová úprava jehly

Toto téma je dosti rozsáhlé a podstatné pro problematiku spojenou s termickým namáháním SŠJ, proto je mu věnována již předchozí kapitola 2.4.

3.2.2. *Zahřívání strojní šicí jehly v procesu šití*

Zahřívání strojní šicí jehly nejvíce ovlivňuje tření jehly mezi šitým materiálem a zároveň šicím materiálem. Ale nejen to je faktor, který na zvýšení teploty ovlivňuje. Na tepelnou bilanci v procesu šití má tedy vliv:

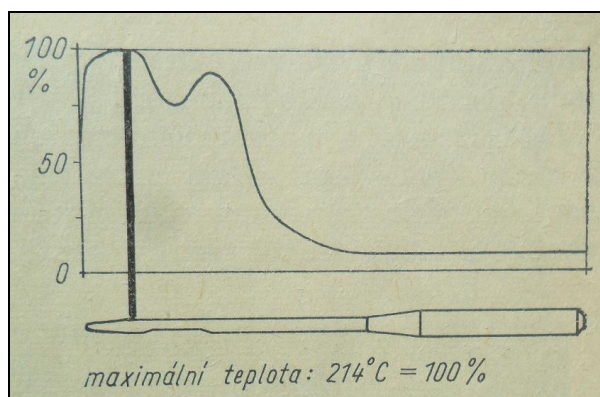
1. Prostředí a okolí, v němž se proces šití uskutečňuje.
2. Šicí stroj a jeho jednotlivá ústrojí, jejichž funkce může být ovlivněna obsluhou a údržbou stroje.
3. Vlastní proces šití, který je umožněn šitým a šicím materiálem, jeho strukturou a zpracováním, dále pak SŠJ jakožto nástrojem a charakteristickými prvky technologie šití ovlivněnými obsluhou.
4. Člověk – obsluha – a jeho fyziologické podmínky.

V tepelné bilanci nejsou však zachyceny některé vlivy, které působí všeobecně, zejména účinky a působení média – vzduchu, statické elektřiny apod.

Sestavení dokonalé tepelné bilance při procesu šití je velmi složité a proměnlivé podle podmínek, v nichž se proces šicí proces uskutečňuje. Průběh teplot zjištěných na strojové šicí jehle po celé délce je vyjádřen na grafu č. 3.

Z rozdělení teplot na grafu je zřejmé, že největší teplotu lze naměřit v oušku jehly, což je analogické se zjištěním tlaku. Rozdíl je však v tom, že teplota dosahuje značné výše již na hrotu jehly, což znamená, že celá oblast špice jehly podléhá značnému tepelnému namáhání. Mírnější pokles se jeví ve

středu krátké drážky a znovu nastává vzrůst na začátku těla jehly, tam kde končí vyfrézování drážky. Po délce těla jehly však teploty klesají až na nepříliš vysokou konstantní teplotu, která se drží po celé délce dřívku. [20]



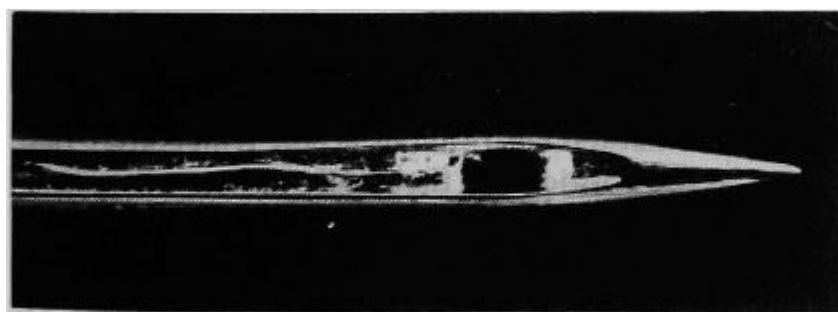
Graf č. 3: Maximální teplota 214°C [20]

3.2.2.1. Měření teploty strojní šicí jehly v procesu šití

Obsah této podkapitoly je čerpán z čínské literatury. Název článku je „*Teplota strojové šicí jehly a její analýza*“ (angl. „The sewing needle temperature and its analysis“). Je to experimentální práce souboru členů Univerzity zemědělství a technologie v Japonsku (Tokio 1975). Autoři jsou Yoshinobu Kamata, Masayuki Harada, Rikuhito Kinoshita a Tomoyoshi Shimura.

Práce řeší problematiku spojenou s vlivy působící na zahřívání strojní šicí jehly v průběhu šití. Na jehlu působí různé faktory, které způsobují vyšší zahřátí jehly. Základní důvody ovlivňující zvyšování teploty je rychlost šití šicího stroje [počet otáček za minutu] a počet vrstev šitého materiálu. S postupným zvyšováním rychlosti šicího stroje stoupá i zahřátí šicí jehly, jelikož tření mezi jehlou a šitým materiálem je vysoké. Měření teploty v této práci je založeno na rovnici popisující vztah mezi teplem působícím na jehle, v čase kdy je jehla pod šitým dílem, a v čase kdy je jehla mimo šitý materiál. Z jehly se částečně odvádí teplo do okolí. Tato teplotní ztráta zahrnuje jak přenos části tepla do vzduchu tak i do šitého materiálu. Měření bylo prováděno bez šicí nitě. Výpočetní vztah vychází z okolností, kdy se jehla považuje jako stejně silná po celé její délce.

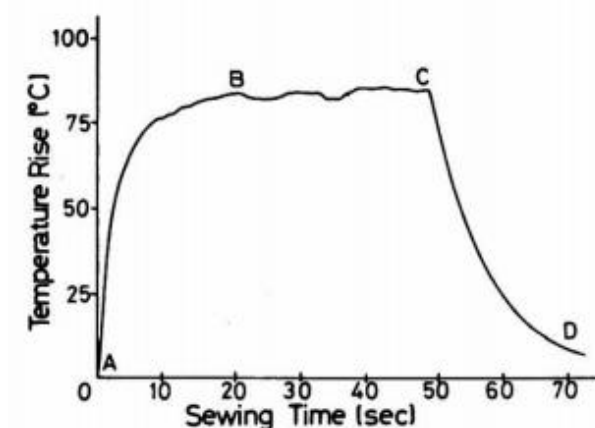
Měření se provádí na základě elektrického odporu, za pomoci termočlánků, což je znázorněné na obr. 31. Zakotvení vedení termočlánku bylo zřejmě do snímače odporového napětí. Experiment byl prováděn na šicím stroji Janome DB-J 701, 5 stehů/cm v laboratorních podmínkách: teplota $20 \pm 0,3^\circ\text{C}$, vlhkost $65 \pm 3\%$. Šitý materiál byl 35% bavlna/ 65% PES.



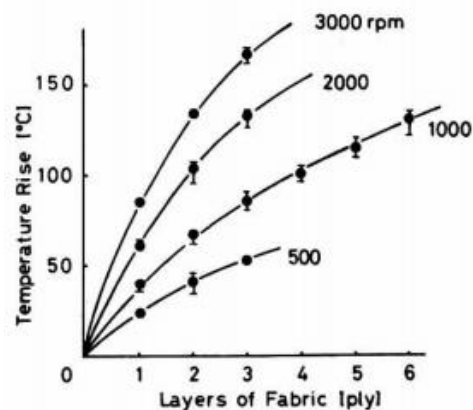
Obr. 31: Umístění termočlánku na šicí jehle [21]

Ve výsledku měření vycházejí různé grafy, které znázorňují vzrůst teplot u různých počtů vrstev šitého materiálu a nastavení rychlosti šití. Na grafu č. 4 je vidět typické zvýšení teploty SŠJ v průběhu šití. Řeší se fakt, že zpočátku teplota prudce

vzroste, poté je mírně nižší až konstantní. Mírné snížení teploty jehly je způsobeno odvodem tepla z povrchu jehly a z šitého materiálu do ovzduší. U tohoto typu měření je právě výhodou to, že se dá měřit přímo v procesu šití, což je např. u termovizního měření složité na provedení.



Graf č. 4: Typický růst teploty jehly při šití v závislosti na čase – rychlost šití 3000 ot./min, 1 vrstva tkaniny [21]



Graf č. 5: Růst teploty SŠJ v závislosti na počtu vrstev šitého materiálu a na rychlosti šití [21]

Na grafu č. 5 je jasně znázorněné, o kolik vzrůstá teplota na základě počtu otáček za minutu a počtů vrstev šitého materiálu. U 3 000 ot./min teplota sahá až ke 200°C.

[21]

3.2.2.2. Negativní vliv teploty šicí jehly na proces šití

Obsah této podkapitoly byl získán z prospektů firmy Groz-Beckert s.r.o. Jak je již v tématu této diplomové práce psáno, tak na strojní šicí jehlu v průběhu šití působí termické namáhání. Toto namáhání je způsobeno především na základě třecích sil, působících mezi jehlou, šitým a šicím materiálem. Stupeň zahřátí je závislý na mnoha faktorech (např. počet otáček za minutu na šicím stroji, zvolení správné jehly, šitého a šicího materiálu aj.).

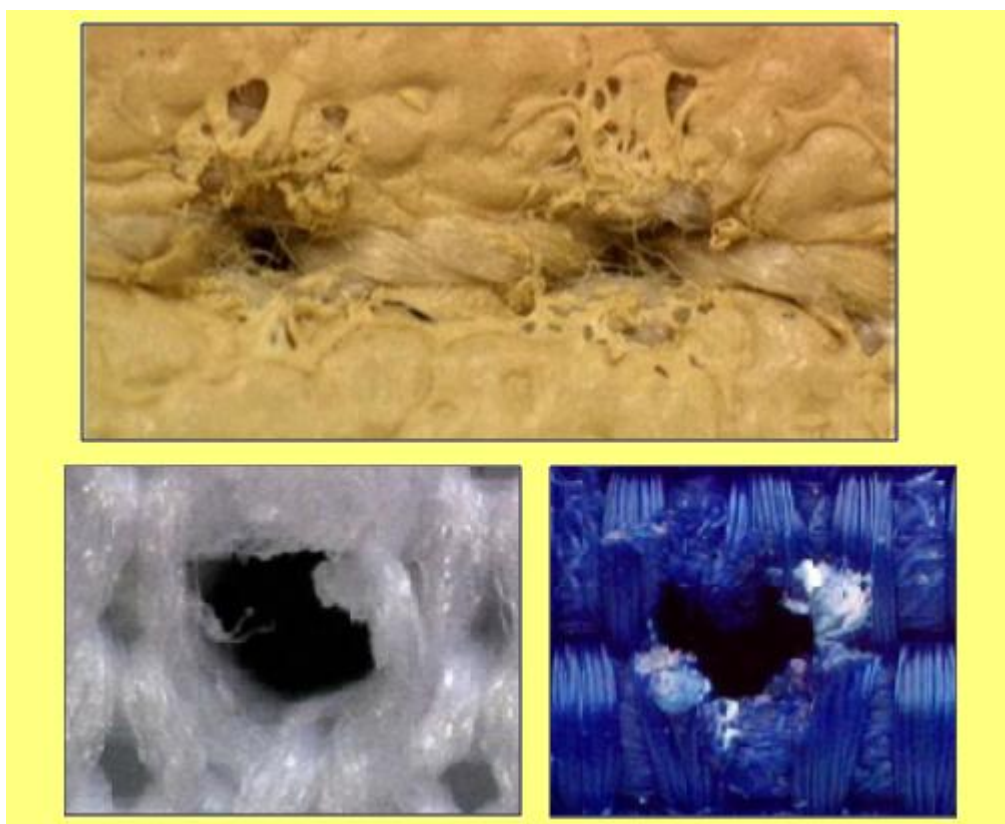
Je jasné, že možné poškození se týká převážně syntetických materiálů. Tyto materiály mají určitý bod měknutí a poté tání. Když se teplota jehly blíží k hodnotě bodu měknutí této makromolekulární látky, nastává tak deformace syntetického materiálu. Např. u PAD a PES vláken jsou to tyto hodnoty teplot [20]:

- PAD vlákna - bod měknutí: 175 – 235°C, bod tání: 235 – 245°C
- PES vlákna - bod měknutí: 235 – 245°C, bod tání: 250 – 260°C

U materiálů z přírodních vláken se předpokládá, že by vysoká teplota jehly zas tak velký vliv mít neměla. Např. u bavlny je tomu tak, že do 120°C se nic moc neděje. Žloutne při teplotě 120°C po 5 hodinách. Při 150°C zhnědne. Při 200 – 280°C - dehydratace, dekarboxylace, pak destrukce. Při 90°C dlouhodobě dochází k částečné depolymerizaci. Při prudkém sušení dochází k otevření kruhu. Důsledek je hustší vrstva na povrchu vláken – ZROHOVATĚNÍ. Teplota žehlení 150°C (teplota tvarovky).

Příklady poškození materiálů na základě vysokého termického namáhání jsou uvedeny níže:

- Viditelné poškození (natavení) šitého materiálu ze syntetiky v místě průpichu jehly (obr. 32).



Obr. 32: Průpich šitého materiálu - poškození horkou jehlou [3]

- Poškození šicího materiálu – natavení syntetické nitě v oblasti ouška a její následný přetrh (obr. 33). Důsledkem natavení šicího materiálu dochází k častému přetrhávání nitě v procesu šití.



Obr. 33: Poškození šicího materiálu [3]

- Poškození strojní šicí jehly – nataveniny šitého materiálu ulpělé na jehle (obr. 34).



Obr. 34: Poškození šicí jehly [3]

3.3. Způsoby měření zahřívání SŠJ

Způsob měření teploty strojní šicí jehly je závislý na tom, jestli je daná jehla v pohybu anebo v klidu. Způsoby měření teploty jsou dva; a to kontaktní a bezkontaktní měření. Tím nejjednodušším a osvědčeným je bezkontaktní měření za pomoci termovize. Jehla musí být v horní úvratí a měření musí probíhat co nejrychleji, aby bylo co nejpřesnější. Kontaktním měřením je složité získat okamžitou hodnotu teploty na dané jehle. Proto další způsoby měření teploty ještě nejsou dostatečně ověřené, a jsou v práci uvedené pouze teoreticky možná měření. Důležité je si připomenout i základní pojmy pro problematiku zahřívání materiálů.

3.3.1. Základní pojmy

Pro vyjádření tepelného namáhání SŠJ je důležité si připomenout pár základních pojmů, které s tímto tématem úzce souvisí.

3.3.1.1. Teplota

Teplota je charakteristika tepelného stavu hmoty. V obecném významu je to vlastnost předmětů a okolí, kterou je člověk schopen vnímat a přiřadit jí pocity studeného, teplého či horkého.

V přírodních a technických vědách a jejich aplikacích je to skalární intenzivní veličina, která je vzhledem ke svému pravděpodobnostnímu charakteru vhodná k popisu stavu ustálených makroskopických systémů. Teplota souvisí s kinetickou energií částic látky.

Teplota je základní fyzikální veličinou soustavy SI s jednotkou kelvin (K) a vedlejší jednotkou stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$). Nejnižší možnou teplotou je teplota absolutní nuly ($0\text{ K} = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze jí dosáhnout.

[16]

3.3.1.2. Měření teploty

K měření teploty se používají **teploměry**. Jsou to teplotní snímače, které je možno rozdělit do dvou skupin, a to z hlediska způsobu měření teploty a fyzikálního principu (uvedeného v závorce):

➤ **Kontaktní**

- Dilatační (využívají teplotní roztažnost látek)
- Termoelektrické (termoelektrický jev)
- Odporové (teplotně závislý odpor vodičů a polovodičů)
- Rezonanční (teplotně závislý rezonanční kmitočet krystalu)
- Speciální (teplotně závislý index kapalných krystalů, bod tavení, luminiscence a změna barvy aj.)

➤ **Bezkontaktní**

- Pyrometry a zobrazovací metody (teplotní závislost tepelného záření – termoelektrický jev, odpor polovodičů, pyroelektrický jev).

3.3.1.3. Teplo

Teplo $[Q]$ je část vnitřní energie, kterou systém vymění (tj. přijme nebo odevzdá) při styku s jiným systémem, aniž by přitom docházelo ke konání práce. Mluvíme o tepelné výměně. Teplo popisuje procesy, v nichž se odehrává spousta „mikroprací“, tj. srážek jednotlivých částic, které přímo nemůžeme sledovat ani měřit. O práci mluvíme, když způsobenou změnu energie můžeme vyjádřit jako součin veličin, obvykle síly a posunutí, či tlaku a změny objemu, nebo konečně jako součin napětí, proudu a času. O teplo jde tehdy, když se změna energie jako součin jiných měřitelných veličin vyjádřit nedá.

Teplo je fyzikální veličinou popisující změnu termodynamického stavu systému, nikoli stav samotný.

Teplo se značí „ Q “ a jeho jednotkou je „joule – J “. Jednotky tepla jsou shodné s jednotkami energie a práce. Teplo je jednou ze základních veličin soustavy SI.

3.3.1.4. Vedení tepla

Vedení (kondukce) tepla je jeden ze způsobů šíření tepla v tělesech, při kterém částice látky v oblasti s vyšší střední kinetickou energií předávají část své pohybové energie prostřednictvím vzájemných srážek částicím v oblasti s nižší střední kinetickou energií. Částice se přitom nepřemísťují, ale kmitají kolem svých rovnovážných poloh.

Vedení tepla je nejčastější způsob šíření tepla v pevných tělesech, jejichž různé části mají různé teploty. Teplo se vedením šíří také v kapalinách a plynech, kde se však uplatňuje také přenos tepla prouděním.

Rychlost vedení tepla určuje tzv. *tepelnou vodivost*. Porovnat látky podle jejich tepelné vodivosti umožňuje veličina *součinitel tepelné vodivosti*. Podle tohoto součinitele se látky dělí na:

- **tepelné vodiče** - látky s vysokou rychlostí vedení tepla a velkým součinitelem tepelné vodivosti.
- **tepelné izolanty** - látky s nízkou rychlostí vedení tepla a malým součinitelem tepelné vodivosti.

[25]

3.3.2. *Bezkontaktní měření*

Bezkontaktní měření teploty je založeno na sledování povrchové teploty těles na základě elektromagnetického záření. Toto záření je zpracováno pomocí detektoru, který zaznamená záření v rozsahu vlnových délek 0,4mm do 25mm . Tento rozsah pokrývá velkou část infračerveného spektra a umožňuje tedy měřit teploty od -40°C do $+10\,000^{\circ}\text{C}$. Každý materiál vyzařuje jiným způsobem. Proto je pro každý materiál stanovena veličina, která udává míru vyzařování povrchu tělesa. Ačkoliv existují tabulky hodnot emisivity pro jednotlivé materiály, je vhodné na počátku měření ověřit, zda tato hodnota odpovídá právě měřenému materiálu. Důvod k tomu je jednoduchý. Na materiálech (zvláště na kovech) se objevují různé povrchové vrstvy a vlastnosti, které mají vliv právě na míru vyzařování. Povrchovými vrstvami může být například nátěr nebo koroze materiálu. Mezi povrchové vlastnosti patří například odrazivost povrchu, která může zapříčinit, že senzor zaznamená odraz zdroje tepla, který se nachází v blízkosti měřeného předmětu.

Přítomnost dalšího zdroje tepla může vnést do měření určitou chybu. K řešení tohoto problému je možné použít několik metod. První je nátěr lesklých částí matnou barvou. Tato metoda je velmi levná a jednoduchá, ale např. u elektrických strojů může způsobit řadu problémů. Natírání členité konstrukce motorů může být složité a je nutné dávat pozor, aby barva nezpůsobila zkrat v elektrických částech stroje. Další problém, který může u tohoto měření nastat, je změna teplotních vlastností stroje. Tato změna však může být zanedbatelná. V každém případě nátěr znamená změnu proti původnímu provedení stroje a je skoro nemožné nebo velmi složité ho odstranit.

Další metodou, kterou lze k tomuto účelu použít, je použití křídového spreje. Ten slouží k nanesení jemného křídového prášku na povrch stroje a tím dojde k jeho zmatnění. Výhodou je snadná aplikace a to, že povrchová vrstva je velmi tenká, tedy má minimální vliv na teplotní pole. Nevýhodou je, že každý sebemenší otěr znamená setření vrstvy z materiálu. Jak již bylo zmíněno, každá změna na povrchu má vliv na emisivitu materiálu. Z toho důvodu je na začátku každého měření nutné určit emisivitu všech materiálů, které se na elektrickém stroji nacházejí.

Pokud jde o měření termokamerou, je nejjednodušší způsob určení emisivity porovnání známé teploty s měřením pomocí termokamery. Je tedy nasnímana část předmětu se známou teplotou (tuto teplotu je možné určit například dotykovým teploměrem). Následně je v softwaru, který umožňuje u termosnímku měnit emisivitu,

provedena analýza. Tedy uživatel mění hodnotu emisivity až do té míry, kdy teplota změřená bezkontaktní metodou odpovídá teplotě získané dotykovým teploměrem.

Pro bezkontaktní měření teploty se používají mimo jiné dva hlavní typy měřicích přístrojů:

a. Pyrometry

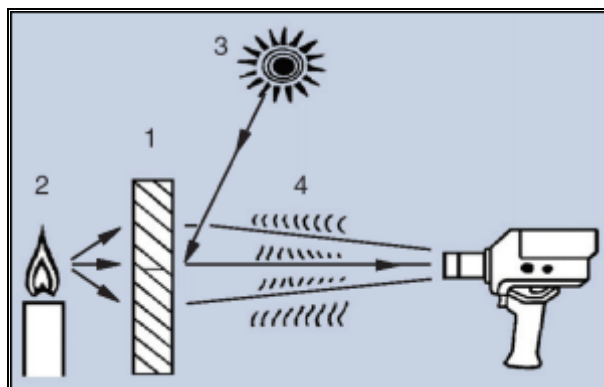
Měřicí přístroj pro rychlá a spíše orientační měření. Pracuje na principu zaostření vyzařované teploty do jednoho detektoru uvnitř měřicího přístroje. Přesnost dosažených výsledků je závislá na velké řadě parametrů (například úhlu naklonění proti měřenému povrchu, apod.). Získání kvalitních výsledků pomocí tohoto přístroje vyžaduje určitou zkušenost. Díky svému jednoduchému ovládání se ale hodí pro přehledová měření, u kterých nezáleží na přesnosti. Pyrometry jsou:

- **úhrnné** - vyhodnocují teplotu v celém spektru vlnových délek, měří teplotu podle Stefan- Boltzmannova zákona
- **pásmové** - měří teplotu prostřednictvím záření v úzkém pásmu vlnových délek
- **monochromatické** - spektrálně selektivní pyrometr, monochromatický pyrometr nelze reálně vyrobit, měří ve velmi úzkém vlnovém pásmu (dáno spektrální propustností interferenčních filtrů)
- **poměrové** - vyhodnocují teplotu na základě poměru dvou září při dvou různých vlnových délkách [22]

Hlavní zdroje chyb:

Hlavní zdroje chyb při měření teplot pyrometry jsou schematicky znázorněny na obr. 35:

- měřený objekt 1 může být lesklý, drsný, barevný, černý nebo také průhledný, přičemž tyto vlastnosti se při měření uplatňují rozdílně,
- za průhledným měřeným objektem se může v některých případech nacházet zdroj rušivého záření 2,
- u neprůhledného měřeného objektu může být zdrojem rušení odraz záření pocházejícího z rušivého zdroje 3,
- prostředí 4 mezi měřeným povrchem a pyrometrem má proměnný činitel prostupu.



Obr. 35: Hlavní zdroje chyb při měření pyrometrem [23]

Další chyby jsou způsobeny nedodržením zaměřovací vzdálenosti určené výrobcem. Chyby pyrometru působí znečištěná optika, stárnutí detektoru, odchylka teploty přístroje od jmenovité hodnoty apod. Přístroje je nutné pravidelně kalibrovat.

[23]

Ukázka pyrometru značky DIT – 500 (obr. 36)

Bezdotykový měřič teploty pracující v infračervené oblasti záření pro určení teploty povrchu předmětu. Rozsah teplot v infračerveném záření -50°C až 1600°C . Optický systém zařízení detekuje emitovanou, odraženou a vysílanou energii, které jsou shromážděny a soustředěny na detektor. Elektronický systém převádí optická data na teploty. Za účelem zvýšení přesnosti je v přístroji zabudován laserový zaměřovač.



Obr. 36: Pyrometr DIT – 500 [24]

b. Termokamery

Využívají při bezkontaktním měření teploty zaznamenání celého povrchu stroje do jednoho digitálního snímku. Tento snímek je pak možné dále analyzovat pomocí speciálních programů. V nich je pak možné měnit všechny parametry měření a tedy

provést důkladnou analýzu teplotního pole. Toho lze s úspěchem využít při teplotní analýze elektrického stroje, jehož povrch je tvořen několika různými materiály. Termosnímek se zaznamená v jediný časový okamžik. Následně je tedy možné zjistit teplotu jednotlivých částí stroje v tomto čase bez větších problémů.

➤ ***Výhody bezkontaktního měření teploty:***

- Možnost měřit teploty celého povrchu tělesa v jednom okamžiku
- Měření rychlých změn teploty
- Možnost měření na pohybujících se objektech
- Malý vliv měřicího přístroje na měřený objekt

➤ ***Nevýhody bezkontaktního měření:***

- Problém s určením správné emisivity povrchu
- Chyby měření způsobené prostupností prostředí
- Problémy s odrazem teploty na lesklých částech

3.3.2.1. Termovize

Termovize je bezkontaktní měření daného objektu. Efektivním zařízením pro vizualizaci a bezdotyková měření povrchových teplot je termovizní kamera. Používá se k měření v energetice, v oblasti přenosu tepla, v technice prostředí, v medicíně, při dálkovém výzkumu Země a v mnoha dalších oborech. Nesmíme tedy zapomenout zmínit i oděvní průmysl. Poskytuje názorné obrazové záznamy i videozáznamy, umožňující získat kvalitativní i kvantitativní informace pro hlubší poznání tepelných procesů různých zařízení a objektů. [16]

Infračervená termografie je vědní obor, který se zabývá analýzou rozložení teplotního pole na povrchu tělesa a to bezkontaktním způsobem. Úkolem termografie je analýza infračervené energie vyzařované tělesem (každý objekt s teplotou vyšší než absolutní nula $0\text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$) vydává infračervené záření, které není lidským okem viditelné).



Obr. 37: Snímek dvou budov, levá nezateplená [26]

Termografickým měřicím systémem lze zobrazit teplotní pole měřeného objektu, ale pouze na jeho povrchu (např. obr. 37). Obor termografie se v širším měřítku rozvinul společně s rozšířením infračervených kamer, pro které se obecně vžilo slovo termovizní kamera, resp. termovize. Tento termín vznikl z názvu prvního výrobce infračervených kamer, firmy Thermovision, dnes FLIR. [17]

Jak zjistil fyzik Max Planck již v roce 1900, existuje souvislost mezi teplotou tělesa a intenzitou jím vyzařovaného infračerveného záření. Termokamera měří ve svém zorném poli dlouhovlnné infračervené záření. Z toho dopočítá teplotu měrného objektu. Výpočet vypočítává s ohledem na stupeň emisivity (ϵ) povrchu měřeného objektu a kompenzace odražené teploty. Obě tyto hodnoty patří mezi nejdůležitější okrajové podmínky, které musíme zadat pro získání termogramů (termosnímků) odpovídajících realitě. [17]

Abychom tedy mohli zjistit teplotu měřeného reálného objektu, musíme znát emisivitu jeho povrchu, která se mění v závislosti na:

- druhu materiálu
- stupni oxidace povrchu materiálu
- opracovanosti a drsnosti povrchu
- efektivní vlnové délce termokamery
- teplotě materiálu

Základní pojmy:

Emisivita (ϵ_T) - emisivita povrchu je bezrozměrné číslo z intervalu 0 až 1 a je to poměr energie vyzařované objektem při jeho dané teplotě k energii vyzařované ideálním

tělesem (černým tělesem) při stejné teplotě. Absolutně černé těleso má emisivitu 1. Je jakýmsi měřítkem ochoty materiálu pohlcovat a tedy i vyzařovat infračervené záření.

$$\varepsilon = \frac{H_E}{H_{OE}} \quad [-]$$

- H_E - intenzita vyzařování reálného tělesa udává výkon vyzářený plochou reálného tělesa do celého poloprostoru
- H_{OE} - intenzita absolutně černého tělesa udává výkon vyzářený plochou černého tělesa do celého poloprostoru

Reflexe (ρ) - je konstanta, specifická pro každý materiál, která udává schopnost tělesa odrážet záření.

Přenos = transmise (τ) - stupeň přenosu (τ) je měřítkem schopnosti materiálu propouštět infračervené záření. [17]

3.3.3. Kontaktní měření

Kontaktní měření teploty je založené na přímém přenosu tepla z měřeného povrchu na měřicí sondu. Tato sonda může být realizována různými způsoby. Hlavní typy čidel, které lze použít pro měření teploty jehly při šití, lze rozdělit do několika skupin podle provedení:

- **O odporové senzory**
- **Termoelektrické senzory**
- **Indikátory teploty**

Dilatační teploměry jsou založeny na principu změny objemu média (kapalina, plyn) v závislosti na teplotě. Tato teplotní čidla se u měření teploty šicí jehly nedají moc použít, protože jejich konstrukce bývá citlivá na mechanické poškození. Další nevýhodou může být komplikované zapojení těchto typů čidel do automatizovaných měření, která jsou v dnešní době požadována.

Specifickým problémem kontaktního měření je uchycení teplotního čidla na měřený povrch. Při použití lepidla nebo speciálních materiálů může dojít k poškození čidla v případě, že je nutné čidlo odstranit. Zvláště náchylné na tento způsob poškození jsou termočlánky. Při krátkodobém měření je možné použít k uchycení lepicí pásku, ale její plocha brání odvodu tepla a při dlouhodobějších měřeních je patrný rozdíl teploty pod touto páskou.

➤ ***Výhody kontaktního měření teploty:***

- Nízká cena
- Nezávislost měření na povrchu měřeného předmětu
- Možnost snadného umístění na povrchu
- Velká rychlost odezvy – v závislosti na čidle

➤ ***Nevýhody kontaktního měření teploty:***

- Nutnost vyvedení připojovacích vodičů
- Nesnadné umístění na malém pohybujícím se předmětu
- Komplikované měření na pohyblivých částech stroje

3.3.3.1. Odporové senzory

Tyto senzory jsou založeny na jednoduchém principu změny odporu jednotlivých látek v závislosti na teplotě. U vodivých materiálů dochází ve většině případů k růstu odporu s teplotou. Naopak u polovodičů dojde ke snížení odporu materiálu se zvýšením teploty. Hlavní výhodou odporových teplotních čidel je dostatečná přesnost a velmi dobrá časová stabilita měřených hodnot. Podle konstrukčního uspořádání lze dále odporové senzory teploty rozdělit do dvou skupin:

Kovové odporové senzory – principem těchto senzorů je teplotní závislost odporu kovu. Odporové kovové senzory teploty lze podle použitých materiálů rozdělit do několika hlavních skupin:

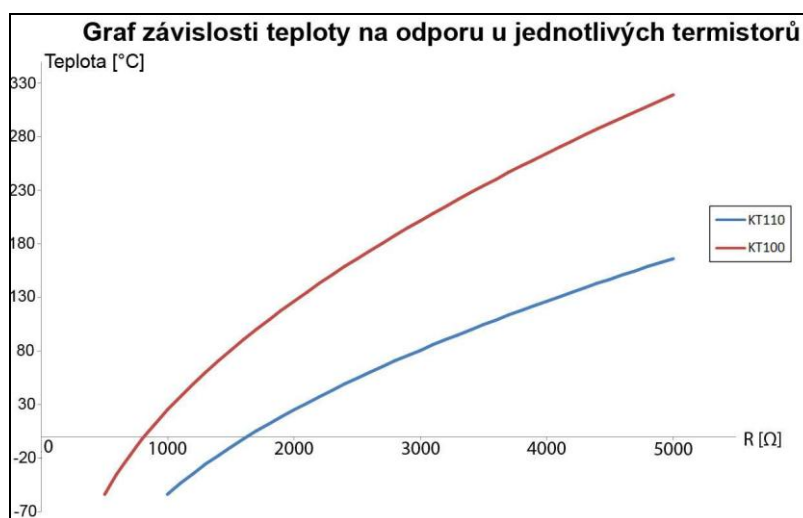
- odporové platinové senzory
- odporové niklové senzory
- odporové měděné senzory

Polovodičové odporové senzory – polovodičové senzory teploty využívají stejně jako odporové senzory teplotní závislosti odporu. U polovodičových materiálů je dominantní závislost koncentrace nosičů náboje na teplotě. Mezi polovodičové odporové teplotní senzory patří: *termistory (obr. 38), negastory, pozistory, polovodičové monokrystalické senzory teploty, monokrystalické Si senzory, Senzor SiC.*



Obr. 38: Tvary termistorů [22]

Hodnoty teploty, které odpovídají příslušnému odporu, lze získat pomocí informací, které výrobci dodávají k jednotlivým čidlům. Většinou se jedná o tabulky, grafy nebo rovnice. Tyto vztahy po dosazení zjištěného odporu aproximují průběh křivky změny odporu v závislosti na teplotě. Výsledkem těchto vztahů je teplota. Pro ukázkou je tato závislost znázorněna na obr. 39.

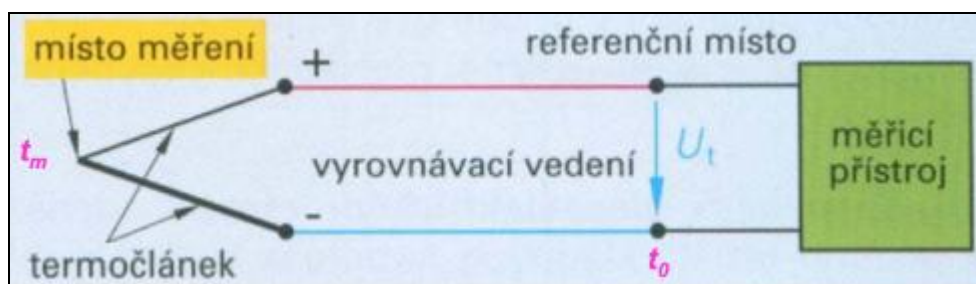


Obr. 39: Ukázka závislosti teploty na odporu pro dva typy termistorů KT100 a KT110

3.3.3.2. Termoelektrické senzory

Termočlánky se skládají ze dvou pásků nebo drátů. Ty jsou realizovány z různých kovů, spojených na jednom konci. Při změně teploty na spoji dojde ke změně termoelektrické síly mezi dvěma konci. S růstem teploty vzrůstá také výstupní termoelektrická síla. Tato závislost, ačkoliv se tak může jevit, není přesně lineární. Princip termočlánků vychází z jevu, který je po svém objeviteli nazván Seebeckův jev. Ten popisuje převod tepelné energie na elektrickou. Seebeckův jev vzniká tím, že v

teplejší části vodiče mají nositelé náboje větší energii, a proto difundují do chladnějších míst ve větším množství než nositelé z chladnějších míst do teplejších. Tím vzniká jednostranná převaha nábojů kladných nebo záporných, a proto znaménka absolutních Seebeckových koeficientů souhlasí se znaménkem těch nositelů nábojů, kterých je ve vodiči více. Tento jev zajišťuje vlastní převod teploty na elektrické napětí. Zjednodušeně řečeno, jestliže teplota t_m měřicího spoje bude různá od teploty t_0 srovnávacího spoje, vzniká termoelektrické napětí a obvodem prochází proud. Příklad přímého měření termoelektrického napětí milivoltmetrem je vidět na obr. 40.



Obr. 40: Přímé měření termoelektrického napětí milivoltmetrem [22]

Faktory ovlivňující výsledek měření:

- vliv velikosti vnitřního odporu měřicího přístroje
- vliv odporu spojovacího vedení
- vliv kolísání teploty srovnávacího spoje
- prodloužení termočlánu do místa srovnávacího spoje pomocí vyrovnávacího (prodlužovacího, kompenzačního) vedení [22]

3.3.3.3. Indikátory teploty

Indikátory teploty slouží k přibližnému určení teploty těles. Teplota je stanovena na základě znalosti kritické teploty, tj. teploty, při níž nastává definovaná změna vzhledu indikátoru. Touto změnou může být buď tvar, nebo barva indikátoru. Přesnost měření teploty indikátory je závislá na skutečnosti, nakolik se liší prostředí pro kalibraci indikátorů od prostředí, ve kterém probíhá měření. Vliv na odchylky teploty má nejen složení atmosféry, ale i tlak. Vliv chemického působení prostředí se u některých typů indikátorů řeší uzavřením do průhledné fólie. Důležitým parametrem pro používání indikátorů teplot je rychlost ohřevu. Barevné indikátory se dále člení na vratné a nevratné, a s jedním nebo více barevnými zvraty. Vratný indikátor teploty má po zchladnutí výchozí barvu. Indikátor s více zvraty mění barvu při různých teplotách. K

těmto snímačům patří nálepky, peletky, tužky (krajony), laky nebo tekuté krystaly, u nichž se projeví změny, když se dosáhne určité teploty. Jsou používány např. na parních sifonech a uzávěrech - když překročí určitou teplotu, bílé políčko na snímači změní na černé. Doba odezvy je obvykle několik minut, takže nezachycují přechodné teplotní změny. Jejich přesnost je nižší než u jiných typů snímačů. I tak se mohou tyto snímače hodit, když je potřeba potvrdit, že teplota části zařízení nebo materiálu nepřesáhla určitou hodnotu. V kapitole jsou uvedeny různé příklady těchto indikátorů.

- **Samolepící kroužky OMEGALABEL®**

OMEGALABEL je samolepící monitor teploty sestávající s tepelně citlivého indikátoru uzavřeného pod průhledným tepelně odolným okénkem (obr. 41). Kruhový indikátor změní, při dosažení teploty uvedené na kartě, barvu ze světle šedé na černou. Tato změna barvy je nevratná a poskytuje tak historii teploty monitorovaného povrchu. Tuto nálepku OMEGALABEL lze z povrchu sejmut a jako trvalý záznam přiložit k inspekční zprávě. Přesnost samolepícího kroužku je zaručena v rozmezí $\pm 2\%$ ze jmenovité teploty. Teplotu měří v rozmezí je 38°C až do 260°C . Zadní lepicí vrstvička snadno přilne k čistému a suchému povrchu.

Teplotním rozmezím by tento indikátor při měření teploty jehly vyhovoval. Nevýhodou takového měření je jednorázové použití. Při použití měření teploty jehly při šití by byla nevýhoda tření indikátoru o šitý materiál, což by vedlo k poškození teplotního snímače. Cena tohoto produktu se pohybuje kolem 2 000 Kč. [27]



Obr. 41: Indikátor teploty OMEGALABEL [27]

- **Teplotní lak OMEGALAQ®**

Tento lak má snadné použití (obr. 42). Nanese se tenká vrstva laku na povrch předmětu, který lze ředit ředidlem GREEN LABEL, což nemá na měření vliv. Teplotní rozsah měření je 79°C až 1093°C, což by pro měření teploty jehly bylo nedostačující. Teplota bývá trochu nižší než je 79°C, ale to záleží na více faktorech. Odezva měření je rychlá, nevratná. Cena tohoto laku se pohybuje kolem 600 Kč. Pro měření teploty jehly při šití je navíc možné, že by se lak setřel a měření by bylo nesprávné. [27]

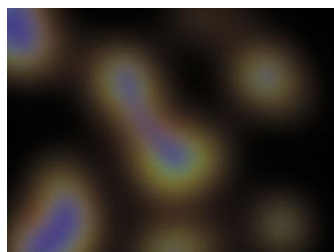


Obr. 42: Teplotní lak OMEGALAQ [27]

- **Vratné teplotní nálepky z tekutých krystalů LCS**

Tyto přizpůsobivé polyesterové fólie - archy s tekutými krystaly lze snadno stříhat na jakoukoli velikost. Tyto archy indikující teplotu mají rychlou odezvu a poskytují rychlý vizuální odečet v laboratořích, testovacích a vyhodnocovacích aplikacích. Archy jsou k dispozici ve velikosti 12" x 12" nebo jako souprava sestávající z šesti fólií 6 x 12" s tloušťkou přibližně 0,01" (0,25mm). Nálepky zaznamenávají teploty od 20°C do 45°C (obr. 43).

Cena teplotních nálepek se pohybuje kolem 700 Kč. Nevýhoda pro měření teploty jehly při šití by byla trvanlivost nálepky a také, že fólie zaznamenává teplotu v nízkých hodnotách. [27]



Obr. 43: Tekuté krystaly [27]

3.3.4. Měřicí metody využitelné při měření teploty SŠJ

Teplota jehly je jeden ze základních problémů, při řešení negativních vlastností šitého spoje. Teplota jehly může být vyšší na základě více faktorů, což je popsáno v kapitole č. 3.2.1. Zjištění toho, jak moc se jehla zahřívá v procesu šití, je celkem složité.

Nejjednodušším způsobem je využití termovizního měření. Negativem tohoto měření je zajistit co nejpřesnější hodnotu emisivity daného materiálu, z kterého je povrch jehly vyroben. Zde se ale rovněž skrývá nežádoucí vlastnost tohoto povrchu, a to lesklá plocha – což může vést k méně přesnému vyhodnocení teploty. Avšak toto bezdotykové měření je metodou nejjednodušší a nejrychlejší.

Další způsoby měření jsou pouze teoretické, jelikož nebyly v praxi moc ověřeny. Bylo by možno měřit teplotu na základě elektrického odporu zapojením termistorů. V případě pohybující se jehly a překážející šicí nitě a šitého materiálu, je to složitý postup měření.

Pro zjištění teploty se jeví využití teplotních indikátorů vhodnou variantou měření. Hrozilo by však poškození indikátoru na základě tření šicí jehly o šitý materiál. Tímto teplotním indikátorem by nebylo možné měřit teplotu přesně, jelikož zachycují pouze určitý interval dané teploty. Výhodou by zřejmě mohla být cena a to, že by šlo tímto snímačem změřit, zda-li teplota jehly dosáhla nad určitou teplotní mez, ale přesná hodnota by se nezjistila.

4. Experimentální část

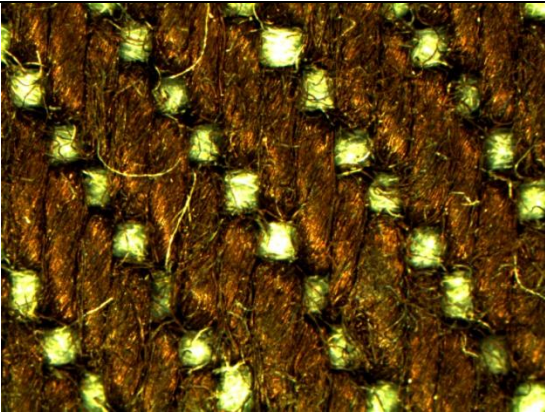
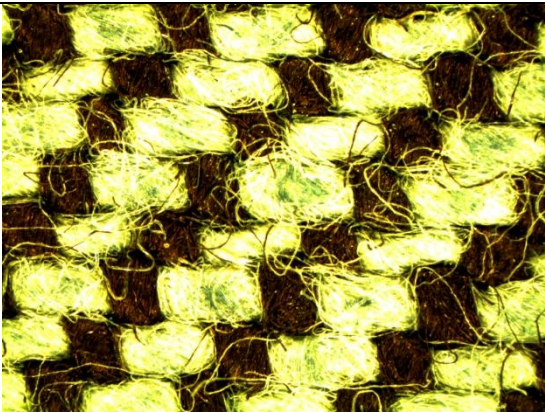
Pro zpracování této diplomové práce bylo zapotřebí zrealizovat experiment, který by umožnil vyřešit otázky týkající se zahřívání strojové šicí jehly při šití a možnost měření této problematiky. Vysoká teplota jehly může negativně ovlivnit šicí proces a kvalitu švu. Pro vyhodnocení teploty SŠJ při šití bylo využito měření pomocí termokamery FLIR, která byla dostupná v laboratořích Katedry oděvnictví na TUL.

Nejdříve bylo zapotřebí zjistit emisivitu povrchu jehly. Až po určení hodnoty emisivity povrchu lze celkově vyhodnotit teploty jehly při šití. Jeden z důležitých faktů, které bylo důležité určit bylo to, zda-li se dá jehla měřit za pohybu, nebo pouze po zastavení. Bylo sledováno, z jaké pozice je při měření vhodné uložit termokameru. Nakonec je objektivně vyhodnocena kvalita šití pomocí obrazové analýzy, což bylo prováděno v laboratořích KES na Technické univerzitě v Liberci.

4.1. Použité materiály

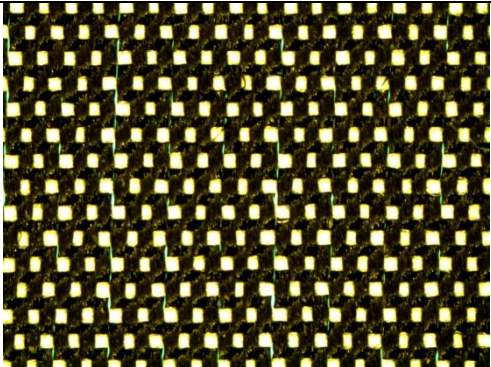
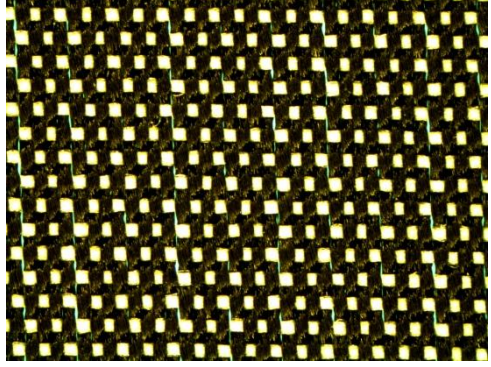
Pro zpracování experimentu se zvolil co nejsilnější materiál, aby se strojní šicí jehla co nejvíce zahřívala. Je jím džínovina ze 100% bavlny (denim). Pro lepší zhodnocení vlivu zahřívání SŠJ na kvalitu šití se navíc vybralo měření syntetického materiálu – 100% PES, který je slabší než denim. Šicím materiálem byla syntetická šicí nit. Základní údaje použitých materiálů jsou uvedené v tabulkách č. 2 – 5.

Tabulka 2: Šitý materiál č. 1

Šitý materiál č. 1	
Líc:	
Rub:	
Druh textilie:	tkanina, Denim
Materiálové složení:	100 % bavlna
Vazba:	keprová
Šíře materiálu:	150 cm
Plošná měrná hmotnost:*	4,6 kg.m ⁻²
Tloušťka materiálu:*	0,83 mm

* Tyto parametry byly zjištěny na základě měření v laboratořích KOD, hodnoty měření jsou uvedeny v příloze č. 4.

Tabulka 3: Šitý materiál č. 2

Šitý materiál č. 2	
Líc:	
Rub:	
Druh textilie:	tkanina
Materiálové složení:	100 % PES
Vazba:	plátnová
Šíře materiálu:	150 cm
Plošná měrná hmotnost:*	0,75 kg.m ⁻²
Tloušťka materiálu:*	0,13 mm

Tabulka 4: Šicí materiál č. 1

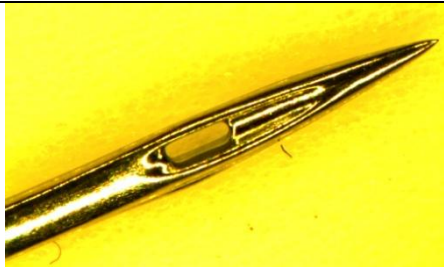

Šicí materiál č. 1	
Značka:	AMANN s.r.o.
Název:	Belfil - S
Složení:	100% PES
Jemnost:	120 tex
Návin:	5 000 m
Charakteristika:	Má vysokou pevnost, vyniká čistotou a stejnoměrností, nit je odolná vůči oděru, trvanlivá, stálobarevná na světle a při praní vykazuje vysokou pevnost ve švu svou. Je odolná vůči namáhání během šicího procesu, má výborné šicí schopnosti díky speciální povrchové úpravě a splňuje všechny požadavky, které na nit kladou moderní vysoce výkonné šicí stroje.
Použití:	Od středně silných až po jemné látky. Vhodná i pro hustě dostavené tkaniny, náchylné na řasení ve švu. Všeobecně užívaná na pánské a dámské oděvy, obleky, sukně, šaty, košile, halenky, spodní prádlo, plavky. Pro konfekci pletenin, výrobu ložního a stolního prádla, ručníků, klobouků, čepic, na šití záclon a závěsů. Vhodná i pro všechny začišťovací práce.

Tabulka 5: Šicí materiál č. 2

Šicí materiál č. 2	
Značka:	Hagal s.r.o.
Název:	jeansová nit
Složení:	100% PES
Jemnost:	35 x 3 tex
Návin:	200 m
Charakteristika:	Zaručena vysoká pevnost a kvalitní zvýrazněné švy.
Použití:	Pro šití těžkých oděvů a čalouněného nábytku.


Pro měření bylo zapotřebí zajistit strojní šicí jehly. Zvolily se dva různé typy – chromová a nitrid - titanová jehla (tab. 6). Ty se ke konci experimentu porovnaly a zhodnotilo se, jak která se více zahřívá při stejných podmínkách.

Tabulka 6: Strojní šicí jehly

Strojní šicí jehly		
Druh:	Chromová jehla	Nitrid – titanová jehla
Vzhled:		
Značka:	Groz- Beckett s.r.o.	
Označení:	R	GB - gebedur
Technologie povlakování:	Elektrochemické	Plazmovými technologiemi
Jemnost:	80/12, 110/18	100/16

Experiment byl prováděn na speciálním šicím stroji značky Brother DB2-B755-403A (tab. 7). Speciální je tím, že je vybaven servomotorem. Ten umožňuje regulaci šití, což bylo v našem případě důležité. Bylo zapotřebí nastavit polohu jehly tak, že při zastavení zůstala v horní poloze (úvrati), aby bylo snazší nasnímání celé pracovní délky jehly termokamerou. Zvolilo se nejvyšší možné rychlosti šití na tomto stroji, což bylo 3 500 ot./min.

Tabulka 7: Šicí stroj

Šicí stroj	
Značka:	<i>Brother F- 40, DB2 – B755 – 403A</i>
Vzhled:	
Typ:	průmyslový šicí stroj s automatizačními prvky

Rychlost šití:	215 – 3 500 ot./ min
Pohon:	AC - servomotor MD-602/612 (popis v příloze č. 7)
Automatizační prvky:	Nastavení otáček – rychlost šití, nastavení počtu stehů (např. našívání etiket), délka stehů, nastavení polohy jehly po ukončení šití, odstřih nitě, zapošití, polosteh, rychlost šití uzávěrek, tlačítko pro pomalý start.


4.2. Měření teploty jehly pomocí termovizní kamery

V této diplomové práci by se mělo vyřešit, jaké způsoby měření nám umožňují zjistit teplotu jehel při šití. Ke zpracování tohoto experimentu bylo k dispozici pouze termovizní měření. Proto se zkoumalo různé srovnání, co by mohlo měření ovlivnit. Měření bylo prováděno v prostorách TUL Katedry oděvnictví.

4.2.1. Termovizní kamera

Lidské oko nemůže infračervené záření vnímat. Přesto všechny předměty, jejichž teplota se nachází nad bodem absolutní nuly - přibližně $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, vyzařují infračervené záření. Výměnné objektivy zajišťují vysokou flexibilitu a podle požadavku možnost vidět vždy ten správný výřez obrazu. Integrovaná digitální kamera s osvětlovacími LED diodami podstatně usnadňuje dokumentaci. Jedinečným prvkem pro termografii ve stavebnictví je zobrazení povrchové vlhkosti pomocí dynamického měření vlhkosti a výpočet parametrů pro rychlou lokalizaci míst ohrožených tvorbou plísní. Mobilní termokamery snímají provozní prostředky a objekty a převádějí infračervené záření do viditelných tepelných schémat (termogramů) tak, aby bylo možno provést kvalitativní a kvantitativní analýzu teplot. Přímě na místě měření lze zobrazit např. nejteplejší a nejchladnější bod, izotermu, rozložení povrchové vlhkosti a pod [17]. Při měření bylo použito přístroje ThermaCAM TMS60 (tabulka 8), který je dostupný na Katedře oděvnictví TUL.

Tabulka 8: Parametry termokamery ThermaCAM TMS60 [18]

Parametry termokamery ThermaCam TMS60	
Vzhled:	
Zobrazovací frekvence	50-60 Hz
Typ detektoru	FPA (focalplane array), mozaikový nechlazený mikrobolometr
Spektr.rozsah detektoru	7.5 –13 μm
Rozlišení detektoru	320 x 240 pixelů
Teplotní rozsahy	-40°C ÷ +120°C; 0°C ÷ +500°C; +350°C ÷ +1500°C
Přesnost	$\pm 2^\circ\text{C}$ nebo $\pm 2\%$
Laser	polovodičový diodový
Typ baterie	nabíjecí Li/Ion
Provozní doba baterie	1,5-2 hod.
Napájení kamery	AC napáječ, 90-260 V AC, 50-60 Hz, výstup 12 V DC
Provoz kamery	-15°C ÷ +50°C; RH 10-95%
Skladování kamery	- 40°C ÷ +70°C; RH 10-95%

4.2.2. Zjištění emisivity

Jak lze zjistit z rešeršní části této diplomové práce, tak největším problémem při měření teploty jehly pomocí termokamery, je zajistit správnou emisivitu materiálu. Existují dané tabulky emisivit různých druhů materiálů. Avšak pro šicí jehlu je těžké emisivitu určit, jelikož je různými způsoby upravovaná. Pro experiment jsem určila pro porovnání dva druhy jehel s různým povlakováním. První jehla je standardní

s chromovou úpravou, druhá je s nitrid- titanovým povrchem. Obě jehly jsou leštěné, tudíž je velký problém zajistit přesný údaj o emisivitě.

V rešeršní části je zmínka o tom, že emisivitu lze zpětně určit v počítačovém programu ThermaCAM Researcher, podporovaném zobrazení a vyhodnocení zobrazených termosnímků pořízených termokamerou. Důležité je jen znát teplotu měřeného objektu. Tento způsob zjištění emisivity byl zvolen pro experiment diplomové práce.

4.2.2.1. Způsob měření

Byly připraveny jehly s danou povrchovou úpravou. Dostupné byly dvě klimatizační komory (obr. 45), u kterých jsem si zvolila dvě různé teploty 30°C, 50°C a 100°C. Pro přesnější měření jsem si pořídila zdravotnický gelový polštářek DuoTherm (obr. 44), který udrží danou teplotu co nejdéle při konkrétní hodnotě. Stejně tak byla použita i azbestová podložka, která byla volena spíše pro měření při 100°C, jelikož snese vyšší teplo.

Složením gelového polštářku je gelová náplň, která je vyrobena z celulózy, vyššího alkoholu, vody a identifikačních příměsí. Je uzavřena ve speciálním polymerovém obalu. Gel se vyznačuje dobrou schopností absorbovat chlad či teplo v širokém rozmezí od - 15°C do +60°C. Proto byly pro měření zvoleny teploty nižší, než je maximální možná teplota zahřátí tohoto polštářku.



Obr. 44: Gelový polštářek DuoTherm

Jehly byly natočeny a nastaveny tak, aby bylo vidět co největší část hladké plochy jehly bez jakéhokoliv frézování, čili dlouhá drážka jehly nebyla vidět. Na gelovém polštářku byl navíc položen bílý papír – zajistil nám upevnění jehly, a bylo tím odvráceno odlesků povrchu gelového polštářku, což by mohlo mít negativní vliv na

měření. Později při vyhodnocování výsledků v programu, sloužil i pro ověření teploty, díky již známe emisivitě bílého papíru, což je 0,9. Následně byly takto připravené vzorky vloženy do klimatizační komory na cca 15 minut (obr. 46). Po vyjmutí z komory se vzorky co nejrychleji nasnímalý pomocí termovizní kamery a měření se opakovalo. Bylo provedeno vždy 6 měření.



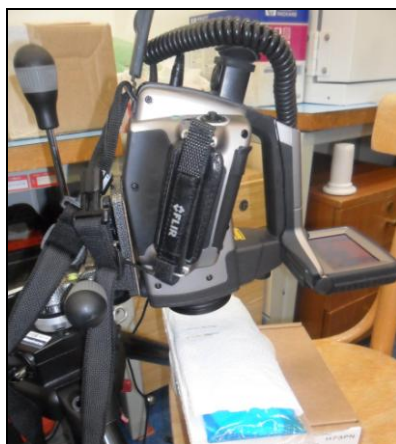
Obr. 45: Klimatizační komora Tenney

Termokamera byla nastavená v rozmezí od -40°C do 120°C . Vzdálenost vzorku od objektivu termokamery byla 7 cm. Byl použit širokoúhlý objektiv - LW 34/80 pro zajištění ostřejšího obrazu, což bylo možné jen v malé vzdálenosti – což je vidět na obr. 47. Snímala se pouze povlakovaná část ta, která prochází šitým materiálem při šití.



Obr. 46: Příprava vzorků

Výsledkem daného experimentu by měla být hodnota emisivity daného materiálu. A také porovnání, zda-li měření ovlivňuje rozdílná teplota.

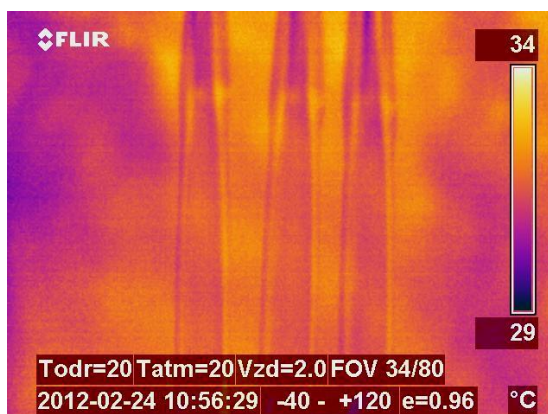


Obr. 47: Pozice snímání vzorků

Při experimentu jsem zjišťovala také fakt, jestli má na zjištění teploty předmětu pomocí termovize vliv měření za světla, nebo po zajištění co největšího zatemnění. V případě tohoto experimentu to bylo měření s rozsvíceným stropovým světlem a po jeho zhasnutí. *Klimatické podmínky měření* byly- **teplota: + 22°C, relativní vlhkost: 62%**, což bylo zjištěno pomocí teploměru a vlhkoměru. Měření bylo prováděno v laboratoři pana Ing. Rudolfa Třešňáka na Katedře oděvnictví TUL.

4.2.2.2. Vyhodnocení experimentu

Výsledky byly vyhodnoceny v daném programu ThermaCAM Researcher (obr. 48). Jelikož se vědělo, jakou teplotu dané vzorky mají, tak na základě toho jsem experimentálně dodávala danou emisivitu vzorku. Měření byla prováděna na šesti vzorcích u každého způsobu.



Obr. 48: Termosnímek vzorků při dané teplotě

Pro porovnání jsem zjistila emisivitu daných materiálů z tabulky emisivit a také z jedné bakalářské práce „Hodnocení povrchových teplot strojové šicí jehly v procesu šití pomocí termovize“ od slečny Magdalény Enochové z roku 2008.

Pozn.: V tabulkách emisivit není určena emisivita nitridu, ani slitiny nitrid – titanu. Proto se řídíme pouze emisivitou titanu.

➤ z tabulek emisivity:

- Chrom $\rightarrow \epsilon_T = 0,08$ při 38°C , $\epsilon_T = 0,26$ při 538°C ,
 - leštěný chrom $\epsilon_T = 0,06$ při 150°C
- Titan $\rightarrow \epsilon_T = 0,08 - 0,19$ při $300; 1200^\circ\text{C}$,
 - oxidovaná slitina při 538°C $\epsilon_T = 0,51 - 0,61$ při $200; 800^\circ\text{C}$
- Bílý papír $\rightarrow \epsilon_T = 0,9$ [28,29,30]

➤ z uvedené bakalářské práce:

- Chrom $\rightarrow \epsilon_T = 0,32$
- Nitrid - titan $\rightarrow \epsilon_T = 0,35$

➤ z měření této diplomové práce:

Výsledky měření daných emisivit na základě daných teplot jsou v tabulkách v příloze č. 5. Hodnoty šesti měření jsou statisticky vyhodnocené.

Pro ověření a porovnání vycházejících hodnot emisivity daných materiálů jsme zvolili ještě doplňující měření při 100°C . Zahřátí SŠJ bylo opět provedeno v klimatizační komoře. Náhradou gelového polštářku, který by nevydržel teplotu vyšší než je 60°C , bylo doporučeno využití azbestové destičky. Na tu se přilepil bílý papír, s již známou emisivitou. Papír sloužil k upevnění jehel na destičce, aby se nepootáčely a k ověření dané teploty. Zahřátí trvalo 10 minut.

Při měření však došlo k problému takovému, že azbestová destička se začala již po pouhých pěti minutách drolit. Což byl velmi negativní a nežádoucí jev. Proto jsem k zahřátí využila keramické dlaždičky, která byla dostupná v laboratoři. Opět byl nalepen čistý bílý papír na bílou dlaždičku pomocí lepicí pásky. Keramická dlaždička sice nebyla vhodná pro udržení teploty jehly po vyndání z komory, ale měření bylo proto provedeno co nejrychleji a teplota se experimentálně ověřila opět na základě

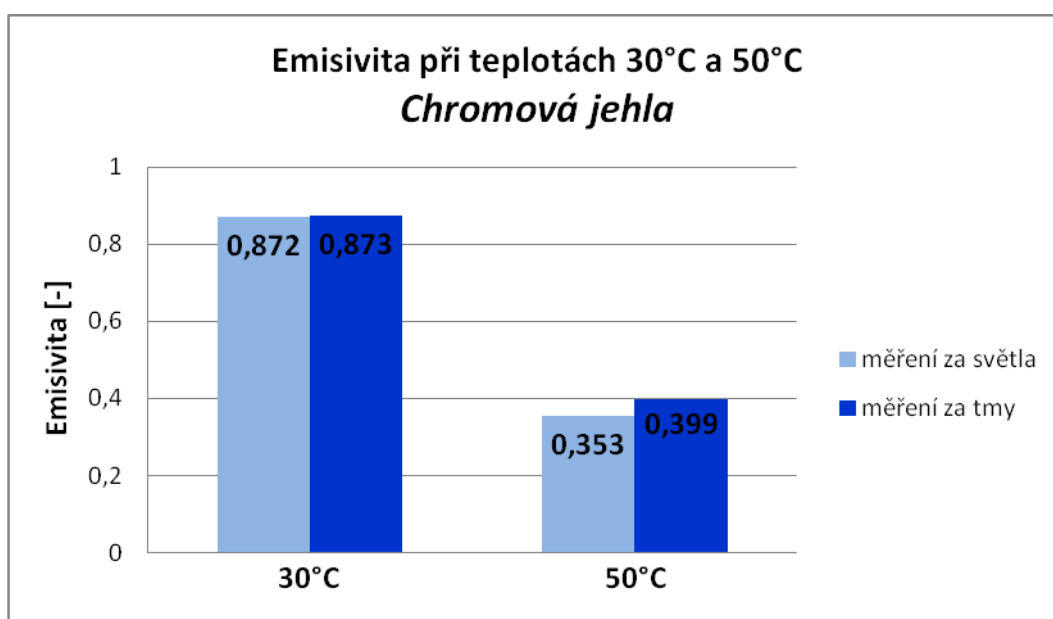
znalosti emisivity bílého papíru. Nasnímání termosnímků probíhalo stejně jako v předchozích měřeních.

4.2.2.3. Výsledky měření

Po vyhodnocení emisivit povlaků z termosnímků se dané hodnoty statisticky zpracovaly. Průměrné hodnoty byly vyneseny do grafů.

➤ Šicí jehla s chromovým povlakem

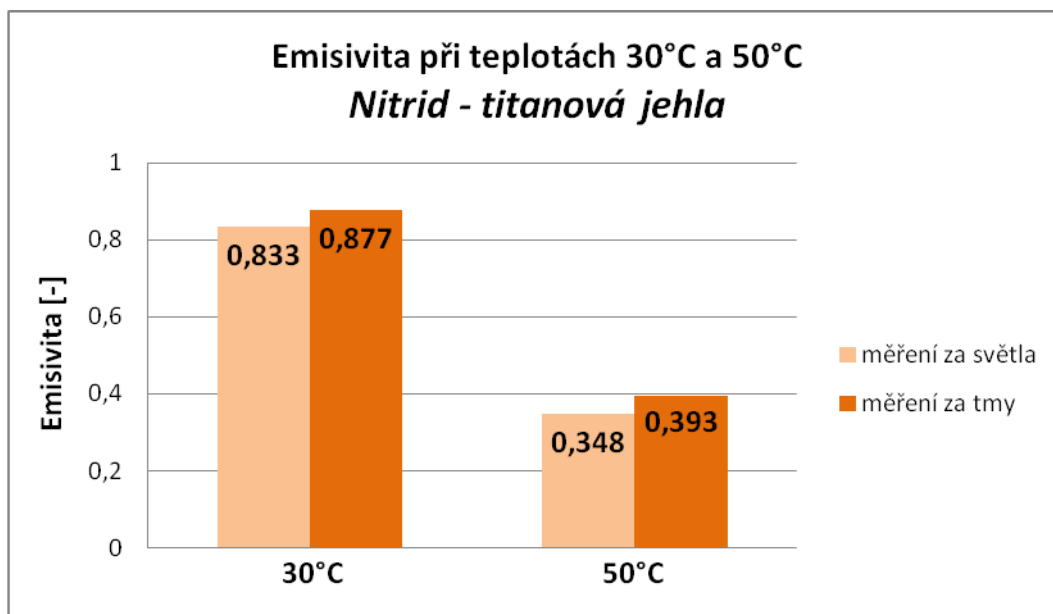
Na grafu č. 6 jsou vyobrazeny výsledné hodnoty emisivit chromového povlaku jehly. Je zde vidět rozdíl hodnoty emisivit při rozdílných teplotách. Při měření za světla a za tmy je částečně vidět ten rozdíl, že měření za světla nám vychází nižší hodnota emisivity o pár desetin. U 30°C je za světla hodnota o 0,001 nižší než za tmy a u 50°C již vyšší rozdíl 0,046. Na grafu je viditelný rozdíl hodnot emisivit při rozdílné teplotě. Čím vyšší je teplota zahřátí jehly, tím získáme nižší hodnotu emisivity.



Graf č. 6: Emisivita chromového povlaku

➤ Šicí jehla s nitrid – titanovým povlakem

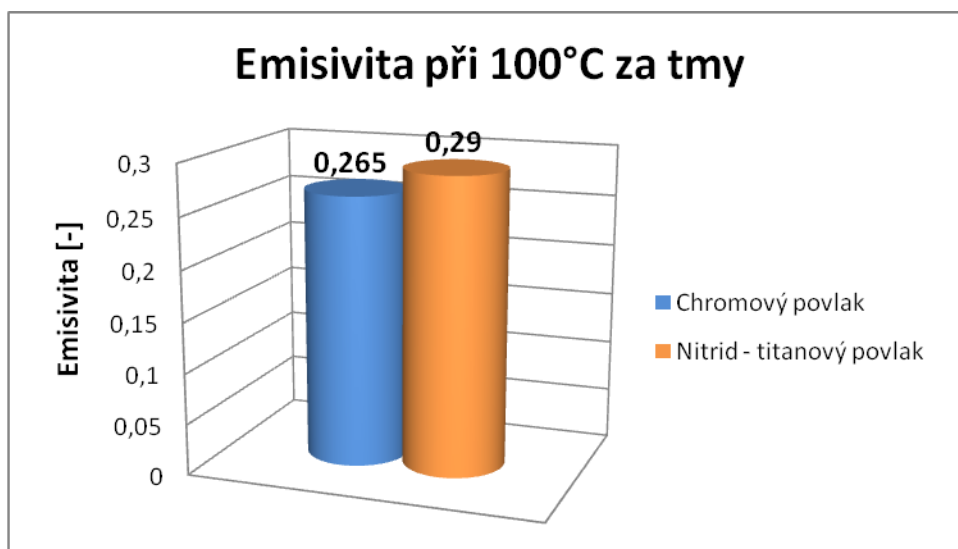
Na grafu č. 7 jsou opět vidět rozdíly při měření nitrid – titanového povlaku. Výsledné hodnoty byly opět závislé na teplotě zahřátí a na možnosti měření. U 30°C vycházela emisivita za světla o 0,044 nižší a u 50°C je za světla nižší o 0,045 než za tmy. Celkově je opět emisivita u 50°C nižší než u snímání při 30°C.



Graf č. 7: Emisivita nitrid - titanového povlaku

➤ Závěrečné vyhodnocení

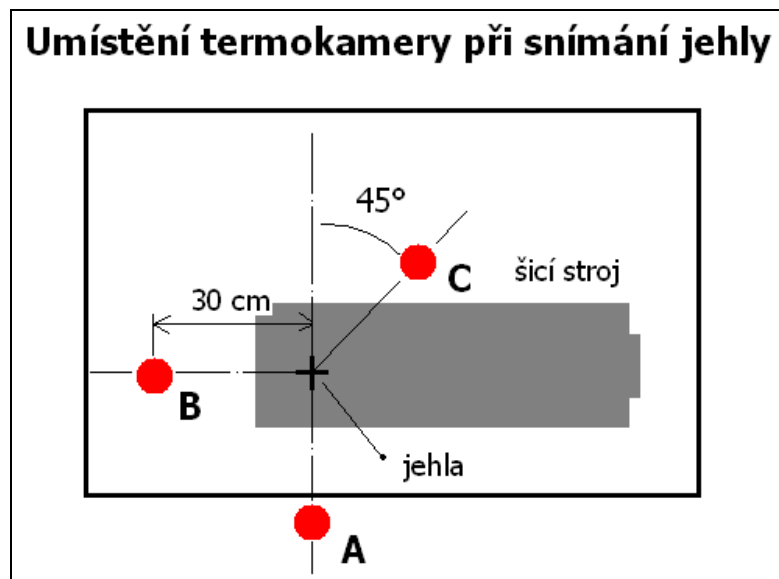
Jelikož je strojní šicí jehla předmět vyrobený z oceli a při šití se zahřívá do vysokých teplot, tak při tomto měření bylo pro porovnání zvoleno zahřátí jehly na vyšší teplotu. Jehly se zahřály na 100°C. Než se vyfotil termosnímek, tak se jehla po vyjmutí částečně ochladila, proto byla teplota vyhledána pomocí emisivity bílého papíru, který byl podložený pod jehlou. Při porovnání s původními výsledky měření se hodnoty při nejvíce možném zahřátí nejvíce podobaly tabulkovým hodnotám. Proto lze usoudit, že toto měření bylo vydařené a nejpřesnější. Měření bylo prováděno za co nejvíce možné tmy, aby bylo co nejméně narušováno okolním zářením. Emisivita chromového povlaku tedy vyšla 0,265 a nitrid- titanového povlaku 0,29, jak je vidět na grafu č. 8.



Graf č. 8: Výsledné emisivity dvou povlaků

4.2.3. Zjištění nejvíce zahříváného místa pomocí termovize

Toto měření je důležité proto, z jakého pohledu je nejlépe možné určit nejvíce zahříváné místo na jehle v procesu šití. Podmínkou pro měření bylo nastavení kamery v jedné rovině, v přímém směru. Experiment byl prováděn v prostorách šicí dílny na Katedře oděvnictví. Termokamera byla uložena ve třech pozicích; z čelního pohledu (A), z bočního pohledu (B) a ze zadní strany šicího stroje – položení 45° od zadního pohledu (C), což je znázorněno na obr. 49. Umístění termokamery bylo 30 cm od SŠJ.



Obr. 49: Umístění termokamery při snímání SŠJ

4.2.3.1. Princip měření




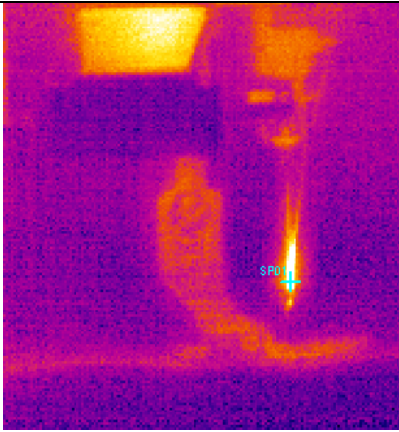
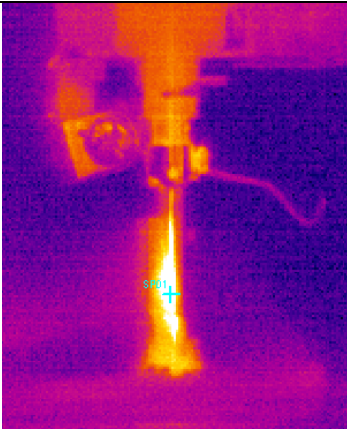
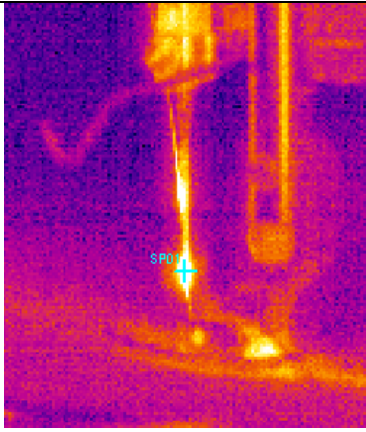
Doba šití byla 1 minuta. Stroj byl nastaven tak, aby jehla po zastavení zůstala v horní úvratí. Snímání bylo provedeno co nejrychleji, aby vyhodnocení bylo co nejpresnější. Při měření byla použita chromová jehla, dvě vrstvy šitého materiálu č. 1 (denim 100% bavlna) a vrchní i spodní nit byl šicí materiál č. 1.

4.2.3.2. Vyhodnocení měření

Měření probíhalo v šicí dílně, při klimatických podmínkách: vlhkost 50 %, teplota 22°C. Nižší procento vlhkosti nemělo vliv pro vyhodnocení v softwaru. Vyhodnocení bylo zčásti závislé na objektivním posouzení daných snímků. Důležitá byla viditelnost toho daného místa, kde je jehla nejvíce zahřátá po určité době šití. V programu ThermoCAM Researcher bylo důležité si ověřit, zda-li určené místo mělo opravdu nejvyšší teplotu pouze v tom konkrétním bodě, které bylo viditelné na získaných

snímcích, anebo jestli i v jiných místech byla teplota stejně vysoká. Popis různých úhlů pohledu, z kterých se posuzuje nejvíce zahřáté místo, je uveden níže v tab. č. 9.

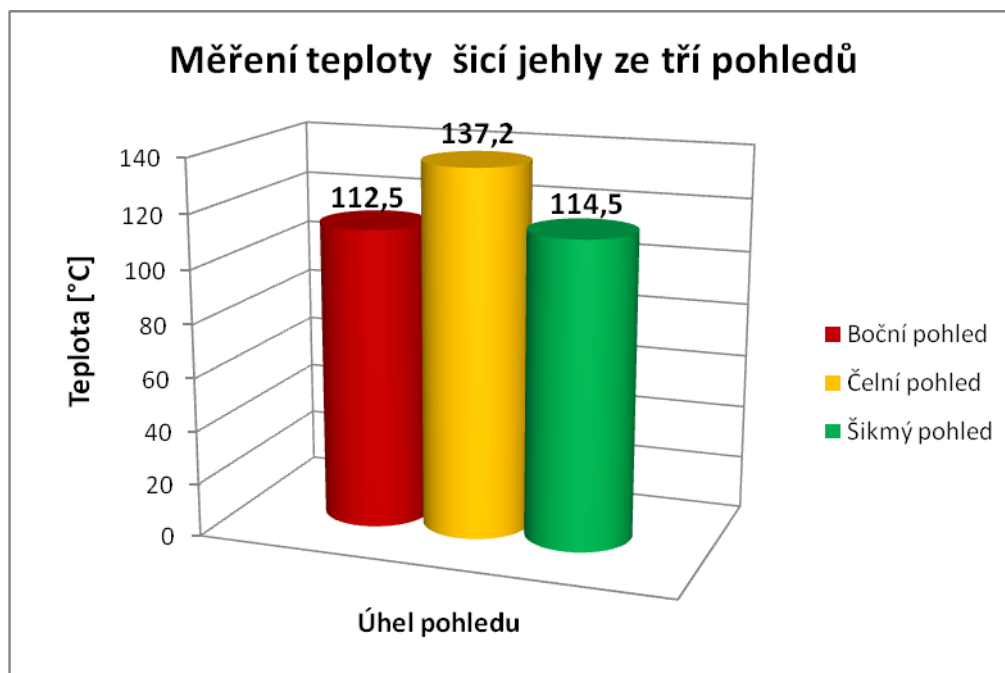
Tabulka 9: Umístění termokamery při měření

A. Boční pohled	B. Čelní pohled	C. Šikmý zadní pohled 45°
		
		

Na obrázcích v tab. 9 lze vidět tři možnosti umístění termokamery při měření. Experiment měl ukázat, která pozice je nevhodnější pro změření co nejpřesnější hodnoty teploty. Z termosnímků není přímo viditelné kritické místo, kde se jehla nejvíce zahřívá. Lze to však dohledat v programu ThermaCAM Researcher. Tam se našlo pomocí bodů, kde je „to“ nejvíce zahříváné místo – je vyznačeno na obrázcích v tabulce č. 9. Ve výsledku je vidět, že zahřátí je nejvíce v oblasti nad ouškem. Bohužel však nelze pro porovnání zjistit teplotu jehly v oušku.

Graf. č. 9 napovídá, že přímý čelní pohled není vhodný pro snímání termokamerou. Teplota je příliš vysoká (137,2°C) a termosnímek je dost rozmazaný, zřejmě na to mělo negativní vliv okolní světlo v kombinaci s lesklým povrchem. Boční a zadní šikmý pohled by měly být vhodnější pro měření. Zadní šikmé umístění mělo ve výsledku o trochu vyšší teplotu (114,5°C) než u bočního pohledu. Z grafu č. 9 lze usoudit, že tam kde je nejnižší teplota (112,5°C) - boční pohled, tak takové umístění

termokamery je nejvhodnější pro měření. Je tomu tak zřejmě proto, že za jehlou stíní rameno šicího stroje, a nejvíce tak zamezuje zbytečnému rušivému světelnému záření, které působilo právě z té strany. Lze soudit i podle toho, že v okolí jehly působila okolní teplota, která neměla příliš velký vliv na rychlé ochlazení jehly. Pro pokračování měření experimentu bylo zvoleno umístění termokamery z bočního pohledu.



Graf č. 9: Měření teploty šicí jehly ze tří pohledů

4.2.4. Měření teploty jehly v průběhu šití

Při experimentu se zkoušely dva druhy měření SŠJ, a to při šití a po zastavení jehly. Měření probíhalo jednu minutu. Na termokameře byl navolen interval snímání, který nám umožnil každých deset vteřin automaticky udělat termosnímek. 10 vteřin byl nejnižší možný interval. Měření se provádělo 6 – krát. Vzdálenost termokamery od měřeného předmětu byla 60 cm. Zkoušelo se u všech druhů měření. Experiment byl prováděn na šicím stroji v prostorách šicí dílny na Katedře oděvnictví.

Po vyhodnocení termosnímků v softwaru ThermaCAM Researcher šlo již při pohledu na snímky usoudit, že měření se nezdařilo. Rychlost šicí jehly nelze přesně zkombinovat s rychlostí snímání termokamery, a to i proto, že počátek snímání má minimální časovou prodlevu. V průběhu šití byly snímky spíše rozmazané a nezachytávaly ty nejvyšší hodnoty teplot jehly. Na snímcích se stávalo, že jehla byla zachycena ve chvílích, kdy byla pod stehovou deskou, ve spodnější úvrati. Ve výsledku

teploty jehly po zastavení vycházely mnohem vyšší, než u těch více vydařených snímcích při měření v průběhu šití.

Toto měření bylo nevydařené. Bylo by zapotřebí více propočítat vzájemnou kolegiální intervalu snímání termokamery a rychlosti šití šicího stroje. Jedna z možností, která by mohla vést k lepšímu výsledku tohoto měření byla ta, kdyby měřicí přístroj – termokamera, mohla snímat v kratších časových intervalech, což na termokameře FLIR nebylo možné.

4.2.5. Měření teploty jehly po ukončení šití

Při porovnání měření SŠJ v průběhu šití a po ukončení šití se došlo k závěru, že měření po zastavení jehly je vhodnější a přesnější variantou pro získání reálnějších výsledných hodnot. Vzdálenost snímání termokamery od měřeného předmětu - jehly bylo 30 cm. Experiment byl opět prováděn v prostorách šicí dílny na Katedře oděvnictví. Trochu jiné klimatické podmínky ve výsledku neměly vliv na vyhodnocení teplot. Podmínkou měření bylo dodržet co nejkratší čas nasnímání termosnímků po zastavení jehly. Na šicím stroji byla navolena funkce, která nám umožnila zastavení strojní šicí jehly v horní poloze – byla snímána potřebná část délky jehly.

Zkoumaly se čtyři způsoby šití:

- 1. chromová jehla 80/12, šitý materiál č. 2 – 4 vrstvy, šicí materiál č. 1**
- 2. chromová jehla 80/12, šitý materiál č. 1 – 2 vrstvy, šicí materiál č. 1**
- 3. chromová jehla 110/18, šitý materiál č. 1 – 4 vrstvy, šicí materiál č. 2**
- 4. nitrid- titanová jehla 100/16, šitý materiál č. 1 – 4 vrstvy, šicí materiál č. 2**

Po nasnímání všech snímků a následném vyhodnocení termosnímků v programu ThermoCAM Researcher byly výsledné hodnoty vyneseny do grafu č. 10.

4.2.5.1. Chromová jehla 80/12, šitý materiál č. 2 – 4 vrstvy, šicí materiál č. 1

Výsledná teplota tohoto způsobu měření vyšla 106,3°C, což byla nejnižší teplota ze všech měření. Při šití bylo však výrazně cítit zahřátí mezi materiálem a jehlou.

4.2.5.2. Chromová jehla 80/12, šitý materiál č. 1 – 2 vrstvy, šicí materiál č. 1

I když u šitého materiálu č. 1 – denimu – byly pouze jen dvě vrstvy, ve výsledku byla teplota vyšší, a to kvůli husté dostavě a větší tloušťce denimu. Teplota vycházela 112,5°C. U měření nebylo zahřátí tak moc výrazné na čich, tak jako to bylo u prvního měření.

4.2.5.3. Chromová jehla 110/18, šitý materiál č. 1 – 4 vrstvy, šicí materiál č. 2

U tohoto měření bylo už výrazněji poznat, že se jehla mnohem více zahřívá. 4 vrstvy denimu by šlo v běžném průmyslu možné použít např. na určitých švech džínů. Teplota v průměru dosahovala až k hodnotě 191,5°C, což byla nejvyšší teplota ze všech měření. Příliš vysoká teplota byla zapříčiněna i nevhodně zvolenou jehlou. Proto by se v průmyslu zvolila strojní šicí jehla s povrchovou úpravou, anebo jiný tvar jehly. Při šití bylo cítit vysoké zahřátí jehly a materiálu.

4.2.5.4. Nitrid- titanová jehla 100/16, šitý materiál č. 1 – 4 vrstvy, šicí materiál č. 2

Pro porovnání použitých jehel se mimo standartní chromovou jehlu zvolila i jehla s nitrid- titanovým povlakem. U této jehly se ukázalo a potvrdila funkčnost speciálního povlaku v tom, že výsledná teplota měření byla o 21,6°C nižší než u předešlého případu. Teplota v průměru vyšla 170,8°C. Jehla s nitrid- titanovým povlakem se jeví jako vhodnější pro šití silnějších vrstev materiálů.



Graf č. 10: Porovnání teplot při různém způsobu šití

4.2.6. *Vyhodnocení experimentu*

Průběh experimentu se výsledně jeví jako zdařilý. Ověřily se některé skutečnosti, které ovlivňují měření teploty SŠJ pomocí termovize.

Zjištění emisivity není tak jednoduché jak se zdá. Je dosti ovlivněno teplotou měřeného předmětu a jeho druhem povrchu. Lesklé povrchy jsou určitě negativní pro zjištění emisivity. Z výsledků měření je zřejmé, že měření při nejvíce možné tmě bude více přesnější. Měření dosvědčilo, že čím nižší teplota měření je, tím nám vychází emisivita povrchu povrchu vyšší. Pro povrchy jehel bylo vhodné emisivitu určit při vysokých teplotách. Emisivita chromového povlaku (0,265) se shodovala s tabulkovou emisivitou chromu (0,26) při 538°C. Pokud experiment vyšel správně, tak by to mohlo znamenat to, že od 100°C se už emisivita jehly skoro nemění. Dle správných výsledků u chromového povlaku lze soudit, že výsledná emisivita nitrid- titanového povlaku (0,29) je rovněž správná hodnota a měření emisivity povrchů se zdařilo. Určení emisivit povlaků jehel bylo základem pro to, aby se získané termosnímky z měření daly vyhodnotit v softwaru ThermaCAM Researcher.

Při měření zahřívání strojové šicí jehly bylo důležité určit umístění termokamery. Proto byl zrealizován pokus, který nám dopomohl k ověření pozice, ze které by termokamera nejlépe a nejpřesněji nasnímala potřebné termosnímky. Měření bylo ovlivněno rovněž zdrojem světla. Při měření byly zatažené závěsy oken (zprava od šicího stroje), aby při snímání bylo co nejméně odraženého venkovního světla a osvětlení šicí dílny bylo zhasnuto. Tak to bylo po celou dobu experimentu v dílně. V takto strukturovaném prostředí se z měření dospělo k závěru, že umístění termokamery pro měření je nejvhodnější z boční strany šicího stroje.

Pro získání teploty, jak moc se šicí jehla zahřívá při šití bylo důležité zjistit, zda-li se jehla dá měřit i za pohybu. Výsledkem bylo to, že termovizní měření v průběhu šití je nevhodná varianta pro získání co nejreálnějších hodnot teploty SŠJ. Proto byl zrealizován experiment, že termosnímky byly nasnímány co nejrychleji po zastavení jehly v horní úvratí. Na základě druhé varianty byly získány teploty jehly při různých způsobech měření.

Z hodnot teploty jehly při šití se dochází k závěru, že pro silnější materiály je zapotřebí zvolit vhodné jehly, které jsou určené pro dané materiály a způsoby šití. Nitrid- titanová jehla se jeví, jako vhodnější pro šití silného džínsového materiálu než je jehla standardní – chromová.

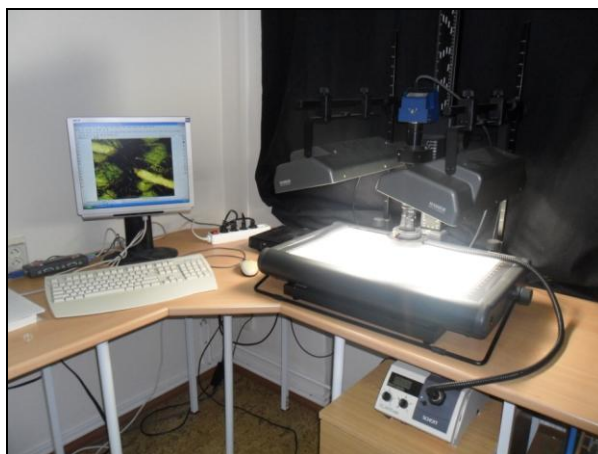
Při experimentu bylo největším negativem to, že nebylo možné zjistit teplotu jehly přímo v očku jehly. Bylo by tak spíše možné určit to, kde se jehla nejvíce zahřívá. Z experimentu vyplívá to, že se nejvíce zahřívá kousek nad hranou očka, tam kde má jehla s šicí nití nejvyšší smykové tření. Podle teorie by to mělo být ze strany chapačové, kde vzniká nejvyšší napětí. Experiment byl dosti zdoluhavý, už jen proto, že často docházela spodní nit a bylo zapotřebí asistence druhé osoby.

Měření bylo provedeno tak, aby se nejvíce podobalo možnostem průmyslu, tudíž byla zvolena nejvyšší možná rychlost šití na 3 500 ot./min, což může mít ve výsledku vliv právě na zahřívání strojní šicí jehly. U domácích šicích strojů by SŠJ zřejmě tak vysokých teplot nedosáhla.

4.3. Vliv teploty jehly na kvalitu šití

Pro danou problematiku bylo vymyšleno experimentu, kdy by se jehla co nejvíce zahřívala. Tím bylo to, že šicí stroj Brother byl nastaven opět na nejvyšší počet možných otáček (3 500 ot./min), šicí jehla byla volena standardní s chromovou úpravou, počet vrstev džínového materiálu bylo 6 a šicí materiál byla 100%- ní PES nit. Strojní šicí jehla byla chromová. Šití probíhalo po dobu jedné minuty, stále při stejných klimatických podmínkách. Pomocí termokamery byla vyhodnocena teplota SŠJ po ukončení šití a zhodnocena byla kvalita šití. Posouzen byl vliv teploty jehly na šicí nit a na šitý materiál.

Aby bylo posouzení kvality šití jednodušší a výstižnější, bylo zvoleno využití obrazové analýzy. Přístroj pro zpracování obrazové analýzy se nachází v laboratořích KES v prostorách TUL. Pro získání snímků bylo potřeba PC se softwarem NIS – Elements, Jenoptic. Mikroskopické zvětšení bylo 12x.



Obr. 50: Přístroje pro zpracování obrazové analýzy

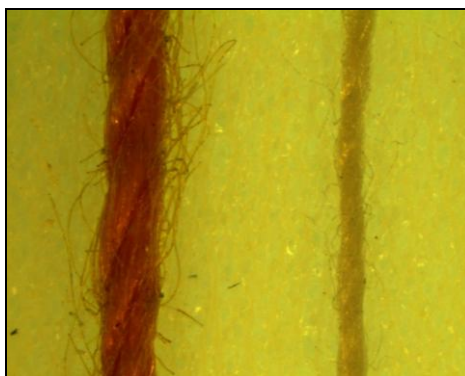
4.3.1. Vyhodnocení vlivu teploty na šicí materiál

Při provedení experimentu bylo nejdříve vyzkoušeno šít s původní jemností jehly, což bylo 80/12. Po spuštění šicího stroje se šicí materiál téměř asi po 5 – ti vteřinách přetrhl. Po různém nastavení seřízení pevnosti horní nitě bylo usouzeno, že je třeba změnit jemnost jehly. Zvolilo se tedy jiné jemnosti jehly, a to 100/16. Tato jemnost byla opět nedostačující. Šití bylo pouze o asi 5 vteřin delší. Stejně se tak stalo i u jehly s jemností 110/18.



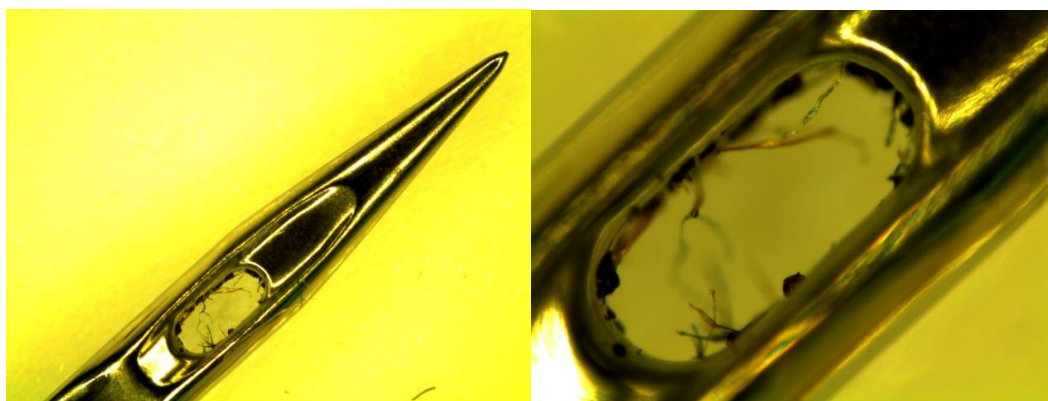
Obr. 51: Chromová jehla - jemnost 80/12

Na základě tohoto nepovedeného měření, se zvolilo menšího počtu vrstev džínového materiálu. Měření se tedy opakovalo, ale pouze na čtyřech vrstvách šitého díla. Avšak toto měření bylo opět neúspěšné. Šicí nit se stále trhala. Pro realizaci tohoto měření se tedy zvolila poslední možnost, což bylo pro ten moment změnit šicí nit. Použila se speciální nit pro šití džínoviny. Složení nitě bylo 100% PES a jemnost je 35 x 3 tex. Je to šicí materiál viditelně silnější než ten původní, což je viditelné na obr. 52. Proto lze očekávat, že šití bude více trvanlivé. Síla jehly zůstala 110/16, což je jemnost jehly určená pro těžkou konfekci (př. kůže). Pro porovnání bylo použito také jehly s nitrid – titanovým povlakem, který by měl být více odolný vůči termickému a mechanickému namáhání jehly.



Obr. 52: Rozdíl jemností přízí - Džínsová nit 35 x 3 tex, PES nit 120 tex

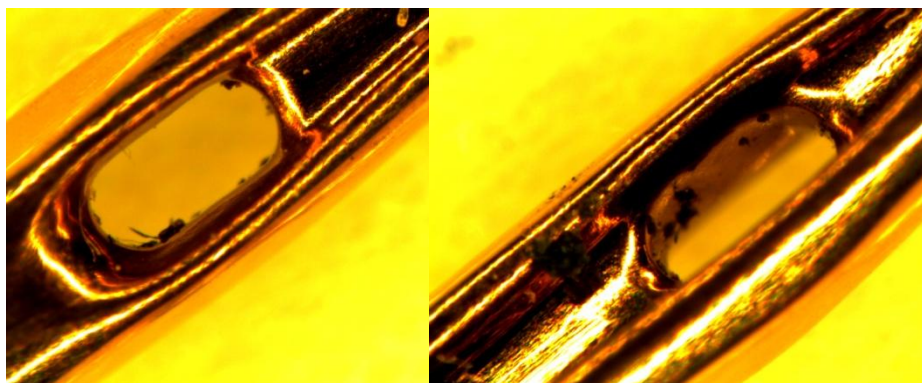
Z měření lze tedy vyvodit závěry. Běžně používaná chromová jehla měla na šití vliv takový, že se šicí nit o jemnosti 120 tex trhala více, než speciální silnější džínsová nit. Bylo to zřejmě zapříčiněno vysokým zahřátím strojní šicí jehly a na základě toho se nit nahřála a zároveň vlivem pnutí nitě přetrhla. U džínsové nitě nebylo zpozorováno žádné trhání vrchní nitě. Ale jelikož spodní šicí nit byla stále ta o jemnosti 120 tex, tak z rubové strany bylo viděno jistých přetrhů, s oblasti průpichu jehly šitým dílem. Na Polyesterovou nit o jemnosti 120 tex lze tedy soudit, že je nevhodná pro použití na šití 4 - vrstvé džínoviny s použitím chromové jehly.



Obr. 53: Chromová jehla - jemnost 110/18

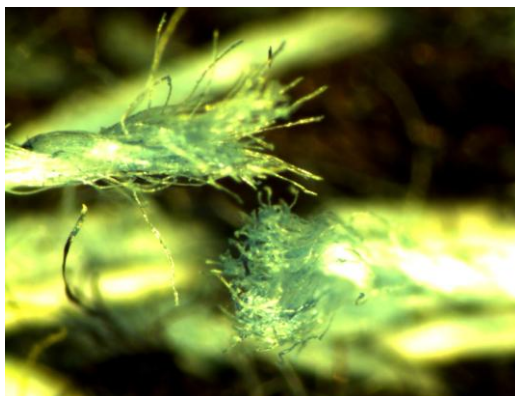
Nejvíce termicky namáhanou částí jehly při šití je zřejmě chapačová strana oka. To proto, že je při tvorbě vázaného stehu nejvíce namáhána.

Při šití jehlou s nitrid – titanovým povlakem nebylo zpozorováno žádné poškození vrchní džínsové nitě ani spodní jemnější nitě (120 tex). Zřejmě ten rozdíl byl v tom, že se potvrdila schopnost této jehly, a to odolnost vůči namáhání. Zatímco u chromové jehly byla teplota při šití 191,5°C, tak u nitrid – titanové jehly bylo 170, 8°C, tedy o cca 21°C méně. To má zajisté velký vliv na přetrhavost polyesterové šicí nitě a celkově na kvalitu švu. Na obr. 54 je vidět o trochu menší počet ulpělých natavenin šicího materiálu č. 2.



Obr. 54: Nitrid - titanová jehla – jemnost 100/16

V horších případech může vzniknout i hromadění natavenin syntetických šicích nití či šitého materiálu v očku šicí jehly, a to má též pak za následek větší přetrhavost šicího materiálu (obr. 55).

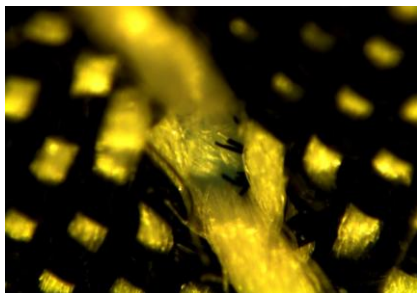


Obr. 55: 4 vrstvy denim - rub, přetržení nitě ve švu

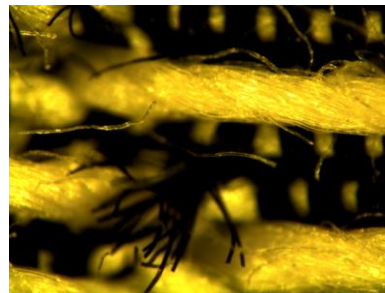
4.3.2. Vyhodnocení vlivu teploty na šitý materiál

Při experimentu nebyly vypořádovány žádné závažné vady při šití. Při šití dvou vrstev materiálu č. 1 – 100% bavlna (denim) nebyly zpozorovány žádné chyby, pouze při šití 4 vrstev materiálu, což bylo 4 x 0,83 mm. V průběhu šití této silné vrstvy šitého materiálu byla mírně cítit jakoby spálenina, či mírné zahřátí jehly o daný materiál. Z místa šití bylo odváděno částečné teplo.

Pro posouzení vlivu zahřátí jehly na šitý materiál bylo zvoleno měření za použití syntetického materiálu - 100% polyester. Bylo to z důvodu toho, že PES má určitou hodnotu teploty bodu měknutí (235 – 245°C) a tání (250-260°C). Z měření nám vyšlo, že teplota šicí jehly byla 106,3 °C. Při měření byla použita chromová jehla o jemnosti 80/12, 100% -ní polyesterová šicí nit a čtyři vrstvy šitého materiálu. Tato teplota nevyvolala žádné negativní deformace na šitém materiálu, opět pouze byl cítit závan spáleniny a odvod tepla z místa prošití. Na obrázcích 56 a 57 bylo pouze možno zpozorovat, že šitý materiál byl v místě průpichu přetržen. Způsobeno to však mohlo být buď vysokým nahřátím, anebo mechanickým působením jehly.



Obr. 56: Šev, šitý materiál 100% PES – líc



Obr. 57: Šev, šitý materiál 100% PES – rub

5. Závěr

Strojová šicí jehla je základním předmětem pro spojovací proces oděvních a technických výrobků. V současnosti se šicí technologie rychle zdokonalují a modernizují, proto je zapotřebí „jít s dobou“ a provádět stále nové inovace šicích jehel, které jsou určené pro odlišné materiály. Hlavní problematikou tohoto tématu je vysoké zahřívání SŠJ v procesu šití a jeho dopad na celkovou kvalitu šitého spoje.

V této diplomové práci byla řešena problematika zahřívání strojové šicí jehly v šicím procesu. Byl proveden experiment, který byl zpracován pomocí termovizního měření. Sledoval se negativní vliv vysoké teploty jehly na kvalitu šití pomocí obrazové analýzy.

Teoretická část práce uvádí podrobnou rešerši o strojové šicí jehle, od jejich počátků až po současné provedení. Bylo důležité zmínit i základní konstrukci šicího stroje, jenž úzce souvisí s ústrojím pohybu jehly. Jsou uvedeny speciální úpravy šicích jehel, které také mohou ovlivnit zahřátí SŠJ při šití. Teplota jehel se dá měřit různými způsoby, proto v této práci byly vymezeny ty způsoby, které by teoreticky šly využít při měření teploty jehly v šicím procesu.

Experiment byl založen na měření teploty jehly při šití pomocí termovizní kamery značky FLIR, dostupné na Katedře oděvnictví. Termovizní měření má výhodu v tom, že je to bezkontaktní metoda snímání teploty předmětu. Nevýhodou však je, že měření je negativně ovlivněno rušivými faktory; za měřeným objektem se může nacházet zdroj rušivého záření, prostředí mezi měřeným povrchem a termokamerou má proměnný činitel prostupu anebo různé povrchy předmětů (lesk, drsnost, barva, průhlednost).

Zásadním problémem tohoto bezkontaktního typu měření je zjištění základního údaje, a to emisivity. Emisivita (ϵ) je bezrozměrná veličina, charakterizující schopnost tělesa emitovat infračervené záření. Tato veličina se dá vyčíst z tabulek emisivity, ale pro některé povrchy není lehké určit přesnou hodnotu. Je to potřebný údaj pro zjištění teploty předmětu na termosnímku, který se vyhodnocuje v softwaru ThermaCAM Researcher.

Ve výsledku se zjištění emisivity při experimentu zakládalo na základě zpětné vazby, a to dohledáním správné emisivity k již známé teplotě zkoumaného předmětu. V práci se řešily dva druhy jehel, standardní chromová jehla a jehla s nitrid- titanovým povlakem. Při zkoušení zahřátí jehly v klimatické komoře na 100°C se emisivita

chromové jehly nejvíce podobala tabulkové hodnotě. Proto šlo usoudit, že vypočtená emisivita nitrid- titanového povlaku bude rovněž správná, což bohužel nešlo porovnat s tabulkou emisivit, jelikož v ní se tento povrch nenalézá. Emisivita chromového povlaku vyšla 0,265 a nitrid- titanového 0,29. Snímání termokamerou je nejvhodnější za největší tmy, a čím je teplota šicí jehly vyšší, tím je emisivita povrchu nižší.

Měření teploty pomocí termovizní kamery mělo potvrdit údaje o tom, jak může být měření co nejsprávnější a nejpresnější. Při měření je důležité klást důraz na umístění termokamery. V našem měření bylo nejvhodnější umístění z bočního pohledu směrem od šicího stroje. Je to hodně ovlivněné i tím, kde se nachází zdroj světla. Zjištění nejvíce zahřívaného místa na jehle je celkem komplikované, jelikož kamera nezachytí teplotu uvnitř očka. Možné je, že zaclání i šicí nit. Je však jasné, že nejvyšší teplota je v okolí očka jehly, zřejmě z chapačové strany, kde se vyskytuje největší napětí při tvorbě smyčky vázaného stehu. Jehly se převážně nejvíce zahřívají při větším počtu šitých vrstev a větší tloušťce materiálu. Důležité je zvolit vhodnou šicí jehlu pro konkrétní šité materiály.

Příliš vysoká teplota strojní šicí jehly může ovlivnit celkový proces šití a především kvalitu šitého spoje. Nataveniny polyesterové šicí nitě mohou vést k častým přetrhům šicího materiálu a komplikovat průběh šití. U speciálních sportovních oděvů může znequalitnit jejich funkčnost a celkově u oděvů jejich estetičnost.

Pro příští měření by se mělo podrobněji prozkoumat to, jak by se dalo zrealizovat měření zahřívání teploty jehly přímo v procesu šití pomocí bezkontaktního měření. Vhodným „vodítkem“ by mohlo být periodické ukládání obrázků termokamery, při snímání s nižším časovým intervalem, než tomu tak bylo v této práci (10 sec).

Z teorie lze soudit, že kontaktní měření by mohlo udávat přesnější hodnoty teploty v průběhu šití. Např. při měření teploty na základě elektrického odporu za pomoci zapojení termistorů by pokus mohl být více přesný, ale za to zdoluhavý a náročnější na provedení. Pomocí teplotních indikátorů, které jsou založené na změně barvy při působení teploty, by měření mohlo být méně náročné a levnější, ale měření by vůbec nebylo tak přesné a indikátor by čelil rychlému opotřebení. V budoucnu by se dalo zjistit, které další způsoby, jak kontaktního či bezkontaktního, by byly možné pro získání co nejpresnějších údajů o teplotě strojních šicích jehel zahřívajících se v průběhu šití.

Použitá literatura:

- [1] ZOUHAROVÁ, Jana: *Výroba oděvů II.*, TUL, 2004
- [2] KREBSOVÁ, Milada, *Technologie II.*, FT, TUL, 1990
- [3] Webové stránky firmy Groz- Beckert s.r.o.: [získáno 01-05-2011]
<<http://www.gbcz.groz-beckert.com>>
- [4] Webový článek: *Konstrukce a povrchové úpravy strojních šicích jehel*, Zouharová, J., <<http://www.mmspektrum.com/clanek/konstrukce-a-povrchove-upravy-strojnich-sicich-jehel.html>> [získáno 01-12-2010]
- [5] Webový článek: *History of costume and style I - Stone Age* [získáno 01-02-2011] <<http://hubpages.com/hub/HISTORY-OF-COSTUME-AND-STYLE-I>>
- [6] HAAS, V.: *Oděvní stroje a zařízení I.*, Informatorium, Praha, 2000
- [7] ZELOVÁ, K.: *Podklady ke cvičení k předmětu „Stroje a zařízení v oděvní výrobě“* [získáno 01-10-2011]
<http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Saz/SAZ/Podklady_cvicen%C3%AD/01_08_SAZ.pdf>
- [8] ZELOVÁ, K.: *Přednáška k předmětu „Stroje a zařízení v oděvní výrobě“* [získáno 01-10-2011] <<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2007-11-20/11-52-00.pdf>>
- [9] Webový článek: „*Jaký je rozdíl mezi kyvným a rotačním chapačem*“ [získáno 01-10-2011] <<http://sici-stroje.eblog.cz/jaky-je-rozdil-mezi-kyvnym-a-rotacnim-chapacem>>
- [10] HAVELKA, A.: *Přednáška k předmětu „Stroje a zařízení v oděvní výrobě“* [získáno 10-11-2011] <<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2011-10-26/17-12-05.pdf>>
- [11] Webový článek firmy Groz- Beckert s.r.o.: „*Historie firmy*“ <http://gbcz.groz-beckert.com/website/gbcz/cs/headquarters_history.html> [získáno 10-11-2011]
- [12] FILÍPEK, J.: *Webový článek „Strukturní změny při tepelném zpracování eutektoidní oceli“* [získáno 01-04-2011]
<http://www.essentia.cz/dokumenty/2_2007.pdf>

- [13] ZELOVÁ, K.: *Cvičení z předmětu „Stroje a zařízení v oděvní výrobě“*
<[http://www.kod.tul.cz/predmety/SAZ/cviceni/2_2011_2012_SAZ_jehla_nove%20trendyOK%20\[Re%C5%BEim%20kompatibility\].pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/SAZ/cviceni/2_2011_2012_SAZ_jehla_nove%20trendyOK%20[Re%C5%BEim%20kompatibility].pdf)> [získáno 1-11-2011]
- [14] Webový článek: „*COOL- SEW needle – keramický povlak jehly*“
[získáno 01-11-2011] <<http://www.diamondneedle.com/pdf/COOL-SEW.pdf>>
- [15] ZOUHAROVÁ, J.: *„Výroba oděvů, technologie spojování“*, TUL, 2003
- [16] Webový článek: „*Teorie termovizních měření*“ [získáno 01-11-2011] Dostupné z: <<http://ottp.fme.vutbr.cz/users/pavelek/optika/0700-z01.pdf>>
- [17] Webový článek: „*Teoretické základy termografie*“ [získáno 01-09-2011].
Dostupné z: <<http://pro-pasiv.cz/termovize>>
- [18] Web: *Přednáška k předmětu „Speciální technologie a měření v oděvní výrobě.“*
<<http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/ste.html>> [získáno 01-09-2011]
- [19] <<http://www.threepcenter.org/read.php?77,339,348>> [získáno 01-09-2011]
- [20] MOTEJL, V.; TEPŘÍK, O.: *„Šicí stroje v oděvní výrobě“*, SNTL Praha, 1973
- [21] Webový článek: „*Teplota strojové šicí jehly a její analýza*“ (angl. „The sewing needle temperature and its analysis“), Tokio 1975
<<http://www.journalarchive.jst.go.jp/jnlpdf.php?cdjournal=fiber1944&cdvol=32&noissue=3&startpage=T102&chr=en>> [získáno 01-09-2011]
- [22] Webový článek: „*Měřicí technika, Kadlec, K., 2007*“ [získáno 01-12-2011]
<http://web.vscht.cz/kadleck/archiv/MT_INaRP/MT-INFaRP07_Teplota.pdf>
- [23] Webový článek: „*Pásmový pyrometr*“ [získáno 02-12-2011]
<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28673>
- [24] Web – obrázek: „*Pyrometr*“ <<http://www.abetec.cz/eshop/product/pyrometr-dit-500/>> [získáno 02-12-2011]
- [25] WAGNER, J.: *„Fyzika“* (Přehled pro textilní fakultu). 2. vyd. Liberec, VŠST. 1982
- [26] Web – obrázek: <http://www.pasivnidomy.cz/data/08_objekt_termovize.jpg>
[získáno 02-12-2011]
- [27] Webová stránka: < www.omegaeng.cz > [získáno 01-02-2012]
- [28] Webová stránka: „*Tabulka emisivity*“ [získáno 01-01-2012]
<<http://www.fluke.com/fluke/czcs/Termokamery/Emissivity-table-TI.htm?PID=55967>>

- [29] Webová stránka: „Tabulka emisivity“ [získáno 01-02-2012]
<<http://newport.cz/techinfo/emisnekovy.html>>
- [30] Webová stránka: „Tabulka emisivity“ [získáno 01-02-2012]
<<http://www.newport.cz/download/zpravodaje/PDF/infrared.pdf>>

Seznam zkratk:

SŠJ	strojová šicí jehla
[Nm]	číslo metrické (jednotka jemnosti)
C	uhlík (chemický prvek)
R _m	pevnost v tahu (fyzikální veličina)
MPa	mega pascal (jednotka tlaku)
°C	stupeň Celsia (jednotka teploty)
K	stupeň Kelvina (jednotka teploty)
TiN	Nitrid- titan
SI	mezinárodně domluvená soustava jednotek fyzikálních veličin
ot./min	počet otáček za jednu minutu
ϵ_T	emisivita (fyzikální bezrozměrná veličina)
PES	polyester (syntetická vlákna)
PAD	polyamid (syntetická vlákna)
cm	centimetr (jednotka délky)
sec	sekunda (jednotka času)

Seznam obrázků:

Obr. 1: Jehla z rostliny „agave“	- 11 -
Obr. 2: První šicí jehly	- 12 -
Obr. 3: Jehla s ouškem uprostřed	- 12 -
Obr. 4: První jehla s ouškem u hrotu.....	- 12 -
Obr. 5: Komplexní výrobní proces	- 14 -
Obr. 6: Hlavní části šicího stroje	- 14 -
Obr. 7: Klikový mechanismus přímočarého vratného pohybu	- 16 -
Obr. 8: Typy upevnění jehly v jehelní tyči	- 16 -
Obr. 9: Rovná jehla s jedním hrotem a ouškem u hrotu	- 17 -
Obr. 10: Rovná jehla se dvěma hroty a ouškem uprostřed	- 17 -
Obr. 11: Rovná jehla - háčková	- 18 -
Obr. 12: Oblouková jehla.....	- 18 -
Obr. 13: Dvojjebla	- 18 -
Obr. 14: Základní konstrukce šicí jehly	- 19 -
Obr. 15: Průřez dřívku jehly	- 20 -
Obr. 16: Tvary špice jehly	- 23 -
Obr. 17: Hroty jehel značky Groz-Beckert	- 24 -
Obr. 18: Tvar jehly pro šití kůže.....	- 24 -
Obr. 19: Znázornění tvorby vázaného stehu při šití.....	- 25 -
Obr. 20: Tvorba smyčky vázaného stehu.....	- 25 -
Obr. 21: Princip tvorby smyčky.....	- 26 -
Obr. 22: Vázaný steh třídy 301	- 26 -
Obr. 23: Výrobci SŠJ	- 28 -
Obr. 24: Postup výroby šicí jehly	- 29 -
Obr. 25: Vliv obsahu uhlíku a tepelného zpracování na tvrdost oceli	- 30 -
Obr. 26: Struktura velmi jemného martenzitu, zbytkového austenitu a sekundárního cementitu (nital, 1000x).....	- 31 -
Obr. 27: Rozdíl mezi standardní a COOL - Sew jehlou	- 34 -
Obr. 28: Chromová úprava jehly	- 36 -
Obr. 29: Ohyb jehly při šití.....	- 37 -
Obr. 30: Přejímový kužel SŠJ	- 39 -
Obr. 31: Umístění termočlánku na šicí jehle	- 41 -

Obr. 32: Průpich šitého materiálu - poškození horkou jehlou	- 43 -
Obr. 33: Poškození šicího materiálu	- 44 -
Obr. 34: Poškození šicí jehly	- 44 -
Obr. 35: Hlavní zdroje chyb při měření pyrometrem	- 49 -
Obr. 36: Pyrometr DIT – 500.....	- 49 -
Obr. 37: Snímek dvou budov, levá nezateplená	- 51 -
Obr. 38: Tvary termistorů	- 54 -
Obr. 39: Ukázka závislosti teploty na odporu pro dva typy termistorů	- 54 -
Obr. 40: Přímé měření termoelektrického napětí milivoltmetrem.....	- 55 -
Obr. 41: Indikátor teploty OMEGALABEL	- 56 -
Obr. 42: Teplotní lak OMEGALAQ.....	- 57 -
Obr. 43: Tekuté krystaly	- 57 -
Obr. 44: Gelový polštářek DuoTherm	- 66 -
Obr. 45: Klimatizační komora Tenney	- 67 -
Obr. 46: Příprava vzorků	- 67 -
Obr. 47: Pozice snímání vzorků.....	- 68 -
Obr. 48: Termosnímek vzorků při dané teplotě.....	- 68 -
Obr. 49: Umístění termokamery při snímání SŠJ	- 72 -
Obr. 50: Přístroje pro zpracování obrazové analýzy.....	- 78 -
Obr. 51: Chromová jehla - jemnost 80/12	- 79 -
Obr. 52: Rozdíl jemností přízí - Džínsová nit 35 x 3 tex, PES nit 120 tex.....	- 79 -
Obr. 53: Chromová jehla - jemnost 110/18	- 80 -
Obr. 54: Nitrid - titanová jehla – jemnost 100/16.....	- 80 -
Obr. 55: 4 vrstvy denim - rub, přetržení nitě ve švu	- 81 -
Obr. 56: Šev, šitý materiál 100% PES – líc	- 81 -
Obr. 57: Šev, šitý materiál 100% PES – rub.....	- 81 -

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Jemnost šicí jehly [Nm]	- 22 -
Tabulka 2: Šitý materiál č. 1	- 60 -
Tabulka 3: Šitý materiál č. 2	- 61 -
Tabulka 4: Šicí materiál č. 1	- 62 -
Tabulka 5: Šicí materiál č. 2	- 62 -
Tabulka 6: Strojní šicí jehly	- 63 -
Tabulka 7: Šicí stroj	- 63 -
Tabulka 8: Parametry termokamery ThermaCAM TMS60	- 65 -
Tabulka 9: Umístění termokamery při měření	- 73 -

Seznam grafů:

Graf č. 1: Tvrdost povlaků.....	- 33 -
Graf č. 2: Teplota jehly při šití - COOL - SEW jehla.....	- 34 -
Graf č. 3: Maximální teplota 214°C.....	- 40 -
Graf č. 4: Typický růst teploty jehly při šití v závislosti na čase.....	- 42 -
Graf č. 5: Růst teploty SŠJ v závislosti na počtu vrstev šitého materiálu a na rychlosti šití [ot./min].....	- 42 -
Graf č. 6: Emisivita chromového povlaku	- 70 -
Graf č. 7: Emisivita nitrid - titanového povlaku	- 71 -
Graf č. 8: Výsledné emisivity dvou povlaků	- 71 -
Graf č. 9: Měření teploty šicí jehly ze tří pohledů	- 74 -
Graf č. 10: Porovnání teplot při různém způsobu šití	- 76 -

Seznam příloh:

- Příloha č. 1: Druhy špicí šicích jehel od firmy Groz - Beckert
- Příloha č. 2: Druhy hrotů SŠJ
- Příloha č. 3: Ukázky opotřebení strojních šicích jehel s různým povlakováním ve spojovacím procesu
- Příloha č. 4: Charakteristika použitých materiálů – výpočty
- Příloha č. 5: Záznam a statistické výpočty hodnot z měření termokamerou
- Příloha č. 6: Hodnoty teplot chromové jehly získané při zjišťování, z jakého pohledu je nejvhodnější snímat teplotu pomocí termokamery
- Příloha č. 7: AC servomotory

Přílohy k diplomové práci

Příloha č. 1

„Druhy špicí šicích jehel od firmy Groz - Beckert“

Strojní šicí jehly jsou vyráběné v různých provedeních. Dle daného použití se jehly mohou lišit odlišným tvarem špice. Firma Groz – Beckert s.r.o. se zabývá výrobou různých výrobků týkajících se šití, základním produktem jsou právě strojní šicí jehly pro domácí a průmyslovou výrobu. Pro vytvoření textu byly použity prospekty, které sdílí tato firma na svých webových stránkách.

➤ **GROZ-BECKERT KG**

PO Box 10 02 49

72423 Albstadt, Německo

Tel.: +49 7431 10 28 72

Fax: +49 7431 10 32 00

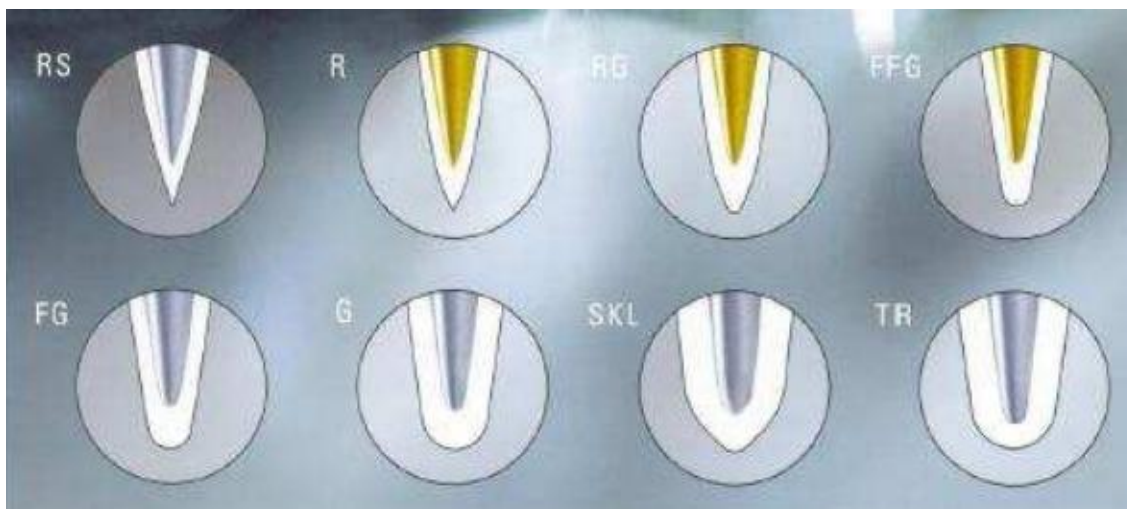
s-vn@groz-beckert.com

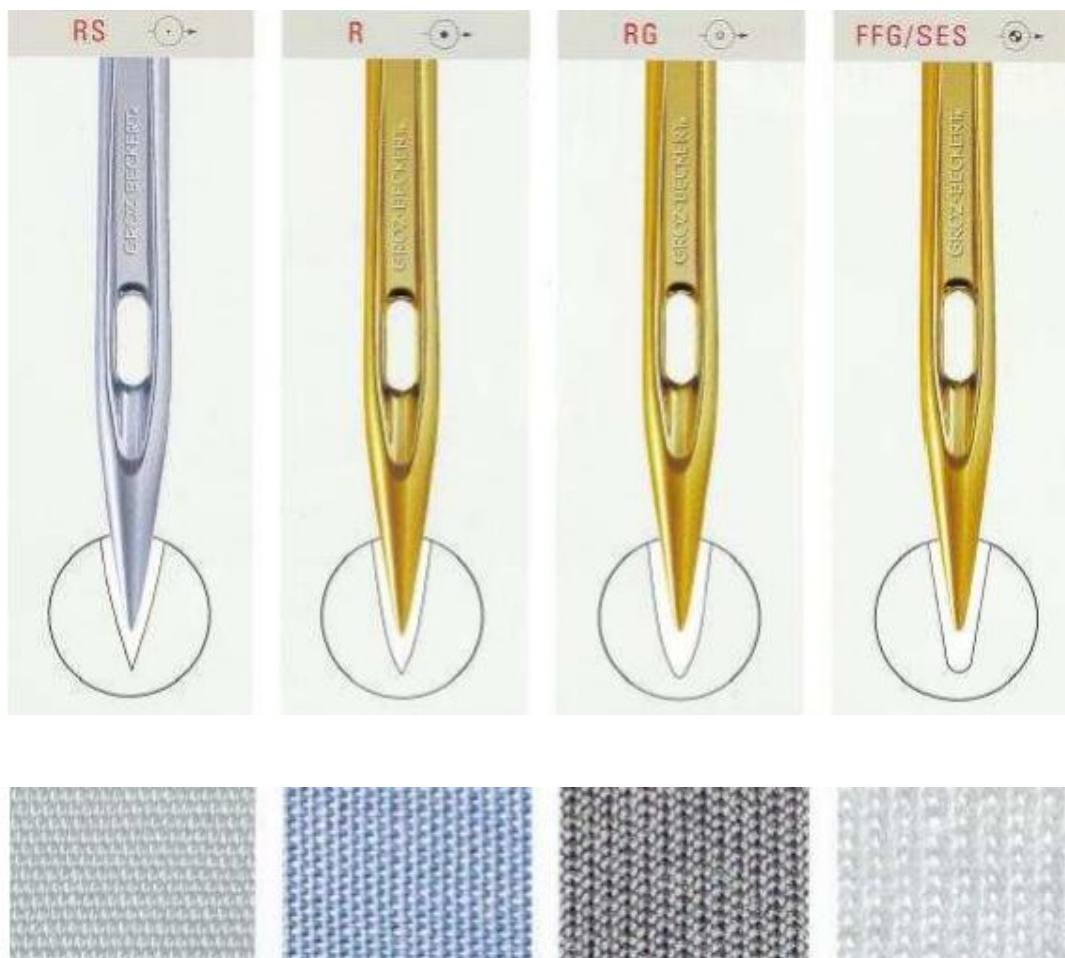
www.groz-beckert.com

ŠPIČKY JEHEL GROZ - BECKERT

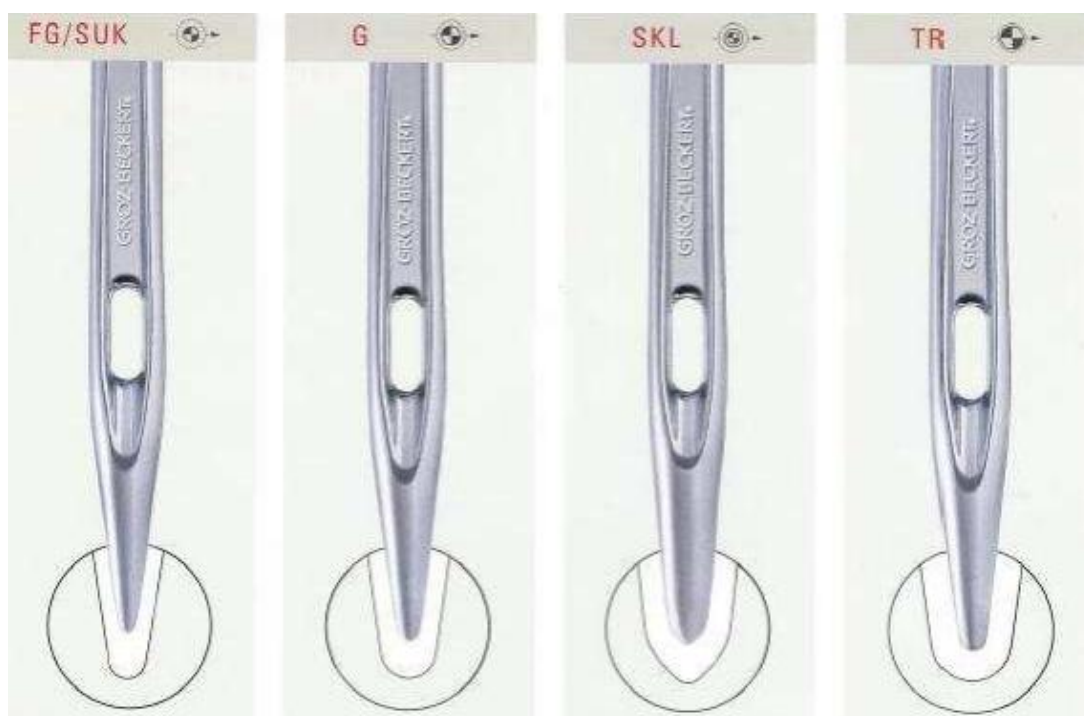
Všechny textilie, ať tkané, vlněné, plstěné nebo pletené, jsou šité speciálními špičkami jehel, které vyhovují jejich struktuře. Správný výběr špičky má významný vliv na výsledek šití. Správně vybraný typ jehly zaručí prvotřídní výsledek, odpovídající Vaším požadavkům.

Druhy špicí:





<p>Standardní pro jehly na slepý steh. Pro přesné uspořádání stehů při šití řetízkovým stehem, náchylná na poškození (jemná špička).</p>	<p>Nejběžnější pro všechny typy uzavřených stehů (FST 301), především pro tkané materiály umělou kůži, vrstvené materiály, tkaná a plstěná džínovina.</p>	<p>Vysoce doporučovaná pro všechny řetízkové stehy (FST 401), pro pletené materiály z mikrovláknů, šití knoflíků, vícehlavé vyšívání, kožené oděvy.</p>	<p>Pro pletené a tkané materiály.</p>
--	---	---	---------------------------------------



<p>Doporučované pro vysoce elastické materiály, obsahující gumu a elastické komponenty.</p>	<p>Pro hrubé elastické materiály.</p>	<p>Pro zvlněné pletené materiály s vysokým obsahem elastanu (spodní prádlo).</p>	<p>Použití v „Schiffli“ vyšívání materiálů s hrubou strukturou jako tyl a záclony.</p>
---	---------------------------------------	--	--

Značení špiček na trhu

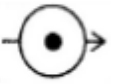
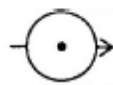
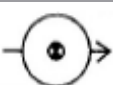


Někteří výrobci jehel používají odlišné značení pro stejné špičky jehel. Tato tabulka Vám pomůže najít správné označení Groz-Beckert.




Označení	Označení Groz-Beckert	Označení	Označení Groz-Beckert
B BALL	FG	RS	RS
BPL	FFG	S BALL	RG
EH	RG	S SET	RS
FFG	FFG	SES	FFG
FG	FG	SET	R
G	G	SET RT	RG
H BALL	G	SI	FG
H SET	RG	SIN	FFG
J BALL	FFG	SKF	G
L BALL	FFG	SKL	SKL
M BALL	FG	SPI	RS
NEW RD	RG	STU	RG
NYR	FFG	STUB	RG
R	R	SUK	FG
R-SPI	RS	TB	FFG
R-STU	RG	TR	TR
RD	R	U BALL	G
RG	RG	Y BALL	G

Příloha č. 2***„Druhy hrotů SŠJ“***

Vyráběné tvary hrotů strojních šicích jehel pro textilní materiály jsou znázorněny v tab. č. 1.

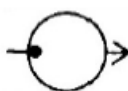
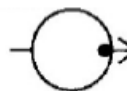
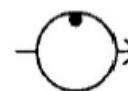
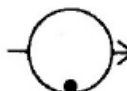
Tab. č. 1: Základní tvary hrotů

Průřez špicí	Popis	Označení	Vytvořený steh	Aplikace
	Mírně zaoblený hrot	R SET	Hrot štíhlý kuželovitého tvaru je standardním tvarem hrotu. Rovný steh	Lehké tkaniny s příměsí syntetických vláken, tenké vrchové materiály, vrstvené materiály s měkkým plastem nebo tenkou lepenkou, na šití prádla a korzetů, kombinace kůže/tkanina
	Ostrý zakulacený hrot	SPI SHASPI R - SPI SSET RS	Velmi štíhlý a úzký hrot přesně propichuje hustě tkanou a vrstvenou textilií, minimalizuje odpor proti vniknutí jehly do materiálu, vyvaruje se vrásnění švu. Skrytý steh, rovný steh	Velmi hustě tkané textilie (mikrovlákna, hedvábí), vrchové hustě tkané materiály (plachty), lehké jemné materiály (taft), na šití límců a manžet u košil
	Lehce zakulacený hrot	SES, L BALL, FFG, SIN, B, R - K, NYR, BPL	Hrot mine nitě ve tkanině nebo pletenině, přímo vpichuje do prostoru mezi nitěmi a vyvaruje se poškození materiálu.	Jemné denimové materiály, lehké hustě tkané textilie, vrstvené materiály (textilie/textilie)
	Středně zakulacený hrot	SUK, M BALL, FG, SI, U, R - KB, LAC, BPM	Hroty nepropichují elastické nitě, ale prochází vedle nich.	Středně hrubé denimové materiály (silné jehly), hrubé pleteniny, výroba korzetů pro šití korzetových výrobků, krajek, tylů a záclon. (slabé jehly)
	Silně zakulacený hrot	SKU, H BALL, G, CAL, BPH	Hroty nepropichují nitě, ale procházejí vedle nich	Hrubé denimové materiály, hrubé pleteniny

	Extra silně zakulacený hrot	SKF, EX H BALL, C, BIL, TR, BPEH	Extrémně zakulacený hrot dovoluje přemístit nitě, aniž by jehla propíchla nit v materiálu	Silné elastické materiály s elastomerními nitěmi, hrubé pleteniny, materiály s pórovitou strukturou
	Speciálně zakulacený hrot	SKL	Široký a silně zakulacený hrot pronikne textilií a eliminuje přetržení elastomerních nití	Pletené a háčkové materiály s vysokým obsahem elastomerů (Lycra), středně hrubé elastické materiály s Lycrou, hrubé pleteniny
	Lehce zaoblený hrot s oblým koncem	STU, H- SET, R - STU, STUB	Pro řetízkový steh	Přišívání knoflíků

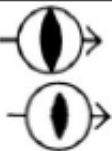
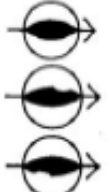
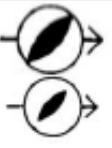

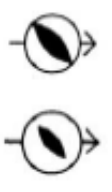
Mimo uvedené tvary hrotů v tabulce se pro šití textilních materiálů vyrábí ještě jiné tvary hrotů jehel např. hroty excentrické (viz tab. 2) a další, které jsou jen pro speciální účely.

Tab. č. 2: Excentrické tvary hrotů

POPIS	EXCENTRICKÝ HROT K DLOUHÉ DRÁŽCE	EXCENTRICKÝ HROT KE KRÁTKÉ DRÁŽCE	EXCENTRICKÝ HROT LEVÝ	EXCENTRICKÝ HROT PRAVÝ
PRŮŘEZ HROTU				
OZNAČENÍ	EM, EXEM, LG G ECC SET, SEM, EU	EK, EXEK, SH G ECC SET, SEK, EO	EL, EXEL, LF ECC SET, SEL, EL	ER, RT ECC SET

Pro příklad je v tab. č. 3 uvedeno několik základních tvarů hrotů pro žití kůže a speciálních výrobků.

Tab. č. 3: Tvary hrotů pro šití kůže a speciálních výrobků

PRŮŘEZ ŠPÍČI	POPIS	OZNAČENÍ	DRUH VYTVOŘENÉHO STEHU	APLIKACE
	Úzký křížový hrot	S SS NCR NRSP	Zatažený přímý plochý steh, dlouhý ozdobný steh, rozřezává téměř celý vpichový otvor, pro šití kožených materiálů	Výroba obuvi, výroba kabelek, brašen, zavazadel, výroba řemenů a opasek
	Úzký klínový hrot PCL - vlevo stočená drážka PCR - vpravo stočená drážka	P NW PCL PCR	Ozdobný vystupující šikmo položený steh, nařezává a roztahuje vpichový otvor, krátké stehy, velmi nápadný pro šití kožených materiálů	Výroba obuvi, výroba kabelek, brašen, zavazadel a doplňků Šití houževnaté a tvrdé kůže
	Úzký hrot napětí ohnutý 45°	LR LRS RTW A RTW	Šikmý a ozdobný steh, rozřezává téměř celý vpichový otvor, LRS - nařezává a roztahuje vpichový otvor	Oděvní průmysl, výroba obuvi, kabelek, zavazadel Pro šití kožených materiálů
	Široký úzký hrot napětí ohnutý 45°	LBR WD R TW	Ozdobný a šikmý steh charakteristický svým vzhledem	Oděvní průmysl, výroba kabelek a zavazadel, čalounictví
	Úzký hrot ohnutý 225° vlevo LLCR - opatřena vpravo stočenou drážkou, vzhled stehu shodný jako s LR hrotem	LL LLS TW NTW LLCR	LL - pro rovný zatažený plochý steh, rozřezává téměř celý vpichový otvor, normální sešívání kůže LLS - lehce vystupující téměř přímý steh, nařezává a roztahuje vpichový otvor	LL - výroba obuvi, kabelek, zavazadel Oprava obuvi LLCR - výroba obuvi

[1]

Příloha č. 3

„Ukázky opotřebení strojních šicích jehel s různým povlakováním v šicím procesu“

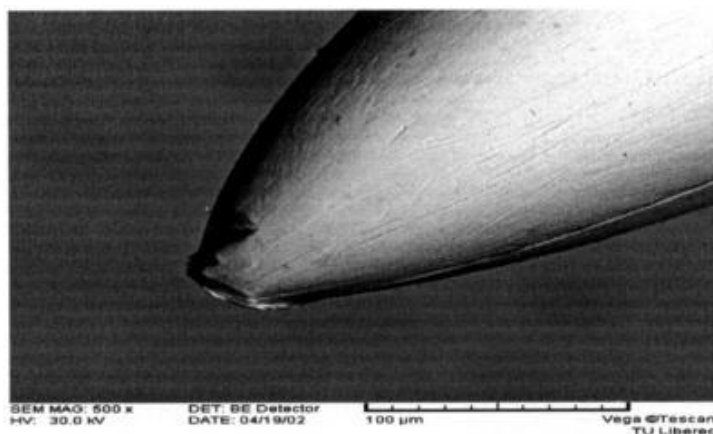
Tento příspěvek byl čerpán z internetového portálu *MM Průmyslové spektrum*. Název článku je „*Konstrukce a povrchové úpravy strojních šicích jehel*“ a byl napsán paní Ing. Janou Zouharovou vyučující na katedře oděvnictví TUL. [4]

Opotřebení šicích jehel

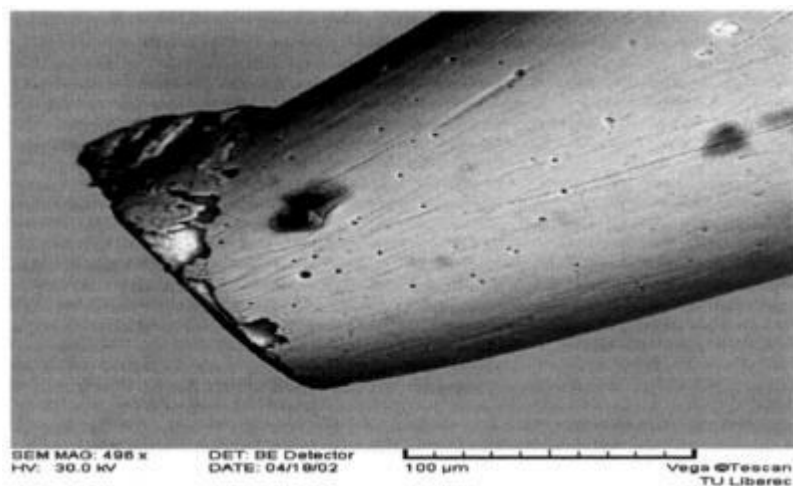
Výše uvedené povrchové úpravy strojních šicích jehel mají také velký vliv na životnost a opotřebení povrchu jehel, tj. na dobu, po kterou je strojní šicí jehla schopna vytvářet kvalitní steh. Opotřebení je úzce závislé na typu povrchové úpravy jehly a podmínkách spojovacího procesu. Pro ilustraci je na obr. 1 až 6 uvedeno opotřebení strojních šicích jehel povrchovou úpravou chromu, nitridu titanu a teflonu po 8 a 40 hodinách šicího procesu. Z obrázků je patrný různý stupeň opotřebení jehel. Jehly s povrchem chromu nevykazují výrazné opotřebení ani po 40 hodinách, naopak u jehel s povlakem nitridu titanu a teflonu jsou tyto povlaky již po 8 hodinách šicího procesu značně poškozeny.

Pozn.: Dle popisu pozitiv různých druhů povlaků, výsledky tohoto měření neodpovídají popisu výhod jehel. Přijatelnějším výsledkem by mělo být právě to, že jehly s povlakem nitrid – titanu by měly snášet lépe mechanické a termické namáhání, než- li jehly chromové.

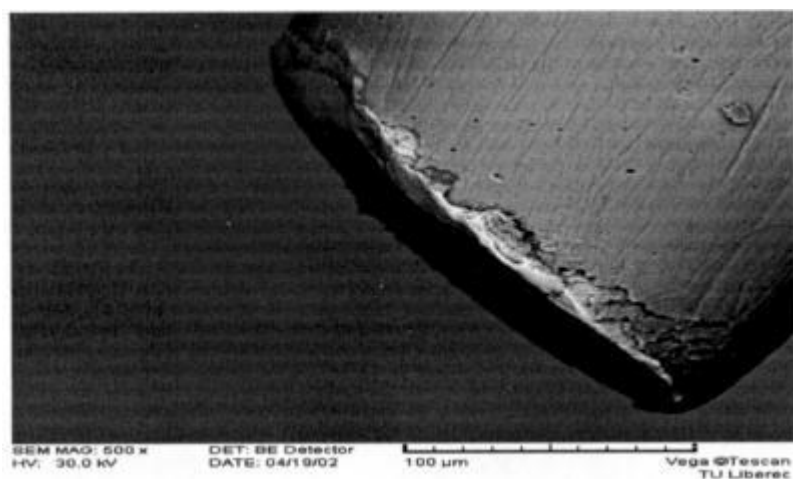
Detaily hrotů SŠJ:



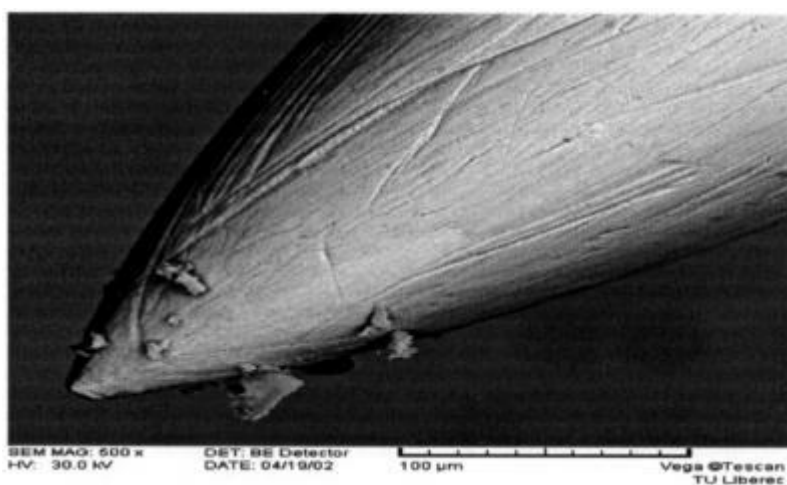
Obr. 58: Pohled na detail hrotu šicí jehly s povrchovou úpravou chrom (po pěti pracovních směnách)



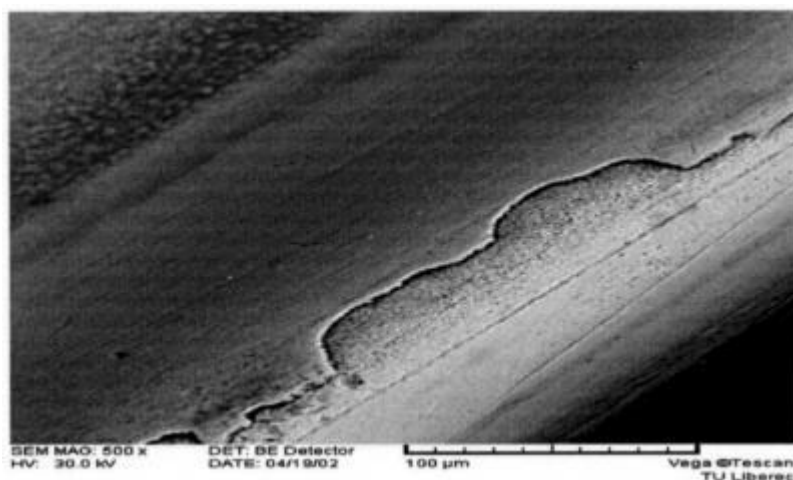
Obr. 59: Pohled na detail hrotu šicí jehly s povrchovou úpravou nitrid titan (po jedné pracovní směně)



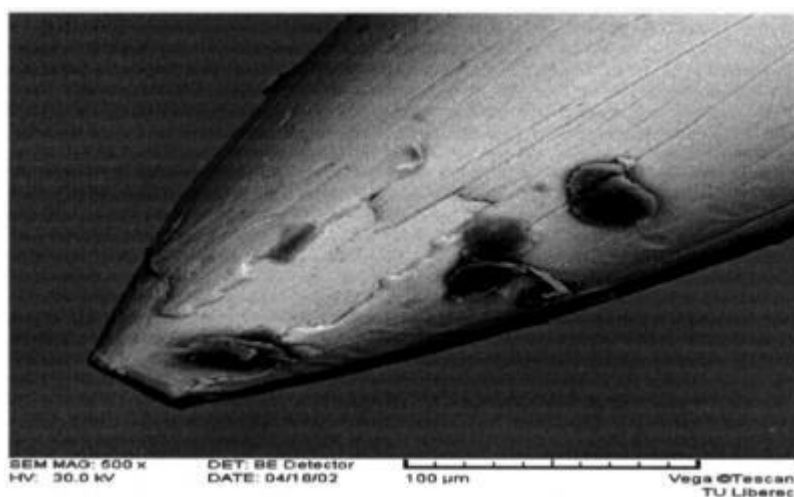
Obr. 60: Pohled na detail hrotu šicí jehly s povrchovou úpravou nitridu titanu (po pěti pracovních směnách)



Obr. 61: Pohled na detail hrotu šicí jehly s povrchovou úpravou teflonu (po jedné pracovní směně)



Obr. 62: Detail povrchové úpravy stvolu šicí jehly s povrchovou úpravou teflonu (po pěti pracovních směnách)

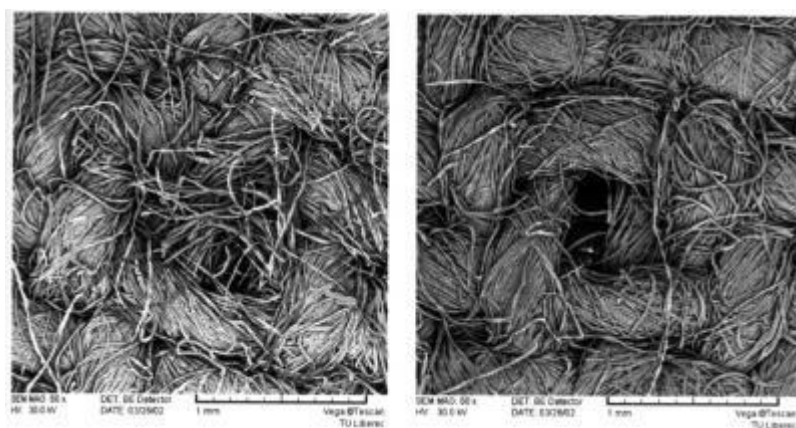


Obr. 63: Pohled na detail hrotu šicí jehly s povrchovou úpravou teflonu (po pěti pracovních směnách)

Strojní šicí jehly nové generace

V současné době je věnována velká pozornost nejen povrchovým úpravám jehel, ale též i vývoji nových tvarů jehel, které by měly odstranit problémy související se spojováním nových typů syntetických textilních materiálů vysokou rychlostí pohybu jehly. Vlákná textilních materiálů se přitom musí v neuvěřitelně krátké době 0,0003 s vyhnout strojní šicí jehle, aby nebyly touto jehlou proseknuty. Rozhodující roli má jehla, a tudíž standardně používané jehly nesplňují zcela tyto požadavky. To vedlo ke konstrukčním změnám jehel, které by tyto negativní vlivy ve spojovacím procesu odstranily. Geometrické změny tvaru průřezu, těla, hrotu strojní šicí jehly a nanesení

nových typů povlaků vedou ke zvýšení jejich tuhosti a pevnosti a ke snížení teploty povrchu. Pro spojování nových druhů materiálů na výrobu automobilových technických textilií (airback, čalounění sedáků a dveří) jsou vyvíjeny nové druhy špiček a hrotů jehel. Nové špičky jehel jsou protáhlejší a užší, což snižuje odpor šité technické textilie proti průpichu a způsobuje snížení teploty na špici a hrotu jehly. Nový kuželový tvar hrotu umožňuje ústrojí pro zachycení smyčky vytvořit nepoškozený steh technické textilie. Příspěvek vznikl s podporou grantového projektu MSM 4674788501.



**Obr. 64: Uspořádání vláken po vpichu jehly: a) standardní jehla – poškození vláken,
b) jehla nové generace – vlákna nepoškozena**

Příloha č. 4

„Charakteristika použitých materiálů – výpočty“

Pro experiment byly zvoleny dva šité materiály, jedna šicí nit a jeden druh šicí jehly. Potřebné výpočty pro určení jejich charakteristik jsou zaznamenány v této příloze.

Aritmetický průměr:

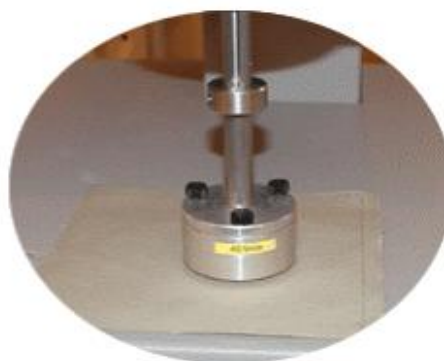
$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Tloušťka

Měřicím přístrojem byl **digitální tloušťkoměr SDL M034A**, který se nachází na Katedře oděvnictví TUL. Je to měření kolmé vzdálenosti mezi základní deskou, na které je vzorek umístěn a paralelním kruhovým přitlačným kotoučem, který vyvíjí specifický přitlak na zkoušenou plochu textilie. Přístroj je vybaven přitlačnou hlavicí 20 a 100 cm² a je možno aplikovat sílu 0,1 – 200 N.

Průběh měření a zpracování výsledků je řízen pomocí počítačového softwaru, přístroj je vybaven tiskárnou. Měření se řídí normou **ČSN EN ISO 5084 (80 0844): Textilie – Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků**.

Pro zkoušené materiály byl zvolen přitlak 1000 N, plocha přitlaku 200 cm² a zátěž vzorku 200 g. Zkoušený vzorek musí být větší než plocha zátěže a bez jakéhokoliv poškození.



Šitý materiál – TLOUŠŤKA [mm]		
Měření	100% CO - denim	100% PE
1	0,83	0,12
2	0,82	0,12
3	0,82	0,13
4	0,84	0,12
5	0,82	0,13
6	0,85	0,13
7	0,85	0,13
8	0,82	0,13
9	0,83	0,14
10	0,82	0,14
Průměr	0,83 mm	0,129 \cong 0,13 mm

Plošná hmotnost

Pro výpočet plošné hmotnosti je zapotřebí zvážit vzorky daných materiálů. Vážení se provádí na analytických vahách, které jsou dostupné na Katedře oděvnictví TUL.

Předem připravené nastříhané vzorky tkanin o rozměrech 10 x 10 cm se opatrně položí na zkalibrovanou analytickou váhu a odečte se hodnota s přesností 0,001 g. Na základě změřených hodnot hmotností vzorků se vypočítá plošná hmotnost textilie.

Pro výpočet plošné hmotnosti m_s je použit tento vzoreček:

$$m_s = \frac{m}{S} \cdot 10^4 \quad [\text{g m}^{-2}]$$

Šitý materiál – HMOTNOST [g]		
Měření	100% CO - denim	100% PES
1	4,487	0,767
2	4,517	0,752
3	4,723	0,751
4	4,570	0,746
5	4,577	0,750
6	4,689	0,736
7	4,595	0,747
8	4,658	0,742
9	4,576	0,752
10	4,619	0,763
Průměr	4,601	0,7506 \cong 0,751
m_s [g.m²]	4 601	751
m_s [kg.m²]	4,6	0,75

Příloha č. 5***„Záznam a statistické výpočty hodnot z měření
termokamerou“*****Hodnota emisivity dané jehly**

V tabulkách jsou uvedeny naměřené hodnoty, které byly vyčteny z termosnímků. Vyhodnocení bylo provedeno v programu ThermaCAM Researcher. Při 30 a 50°C bylo hodnocení provedeno experimentálně, na základě znalosti určité teploty - vyhledáním potřebné emisivity (tak, aby se zadaná emisivita nejvíce přiblížila dané teplotě).

V případě zahřátí jehel na 100°C bylo využito metody takové, že nejdříve byla zjištěna opravdová teplota na základě znalosti emisivity bílého papíru, kterým byly jehly podloženy, a následně byla vyhledána potřebná emisivita jehel. Zjištěná teplota je v tabulce barevně zvýrazněna.

Tabulka hodnot emisivit chromové jehly:

Chromová jehla				
Měření	světlo		tma	
	30°C	50°C	30°C	50°C
1.	0,86	0,34	0,88	0,395
2.	0,86	0,345	0,88	0,405
3.	0,87	0,339	0,88	0,4
4.	0,89	0,365	0,85	0,393
5.	0,88	0,367	0,89	0,4
6.	0,87	0,36	0,86	0,4
Σ	5,23	2,116	5,24	2,393
průměr [-]	0,872	0,353	0,873	0,399
směrodatná odchylka [-]	0,01169	0,01279	0,01506	0,0042622
rozptyl [-]	0,00014	0,00016	0,00023	0,00018
variační koeficient [%]	1,34116	3,62535	1,72391	1,0686763

Tabulka hodnot emisivit nitrid – titanové jehly:

Nitrid - titanová jehla				
Měření	světlo		tma	
	30°C	50°C	30°C	50°C
1.	0,86	0,33	0,85	0,41
2.	0,85	0,345	0,89	0,42
3.	0,83	0,335	0,88	0,41
4.	0,82	0,355	0,89	0,38
5.	0,82	0,37	0,88	0,375
6.	0,82	0,354	0,87	0,365
Σ	5	2,089	5,26	2,36
průměr [-]	0,833	0,348	0,876	0,393
směrodatná odchylka [-]	0,01751	0,01463	0,01506	0,02273
rozptyl [-]	0,00031	0,00021	0,00023	0,00052
variační koeficient [%]	2,10143	4,20328	1,71735	5,77889

Tabulka hodnot emisivit dvou jehel při 100°C:

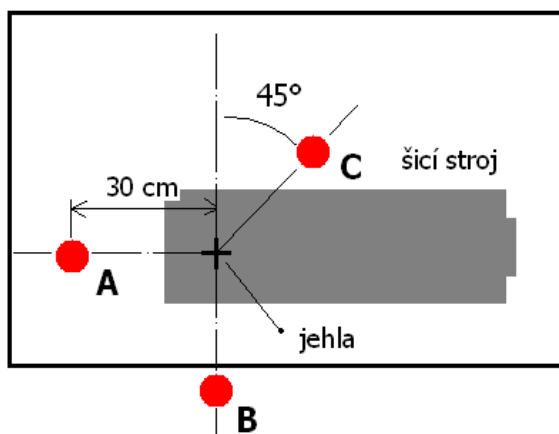
Emisivita - zahřátí na 100°C				
Měření	Chromová jehla		Nitrid - titanová jehla	
1.	76,6°C	0,274	75,4°C	0,291
2.		0,256		0,245
3.		0,255		0,266
4.	75,2°C	0,276	78,1°C	0,334
5.		0,264		0,3
6.		0,263		0,297
Σ		1,588		1,733
průměr [-]		0,265		0,29
směrodatná odchylka [-]		0,0088015		0,0305903
rozptyl [-]		0,0007747		0,00093577
variační koeficient [%]		3,3255095		10,5909879

Příloha č. 6

*„Hodnoty teplot chromové jehly získané při zjišťování,
z jakého pohledu je nejvhodnější snímat teplotu pomocí
termokamery“*

Vyhodnocení termosnímků bylo provedeno v programu ThermoCAM Researcher. Výsledné hodnoty byly tzv. vodítkem k určení nejvhodnějšího umístění termokamery, pro měření teploty jehly při šití.

Chromová jehla - 2 vrstvy denim			
Měření	A. boční pohled	B. čelní pohled	C. šikmý pohled
1.	114	143	135
2.	96	122	100
3.	105	170	132
4.	120	122	102
5.	123	138	123
6.	117	128	95
Σ	675	823	687
průměr [-]	112,5	137,2	114,5
směrodatná odchylka [-]	10,17349497	18,20347952	17,58124
rozptyl [-]	103,5	331,3666667	309,1
variační koeficient [%]	9,043106644	13,27106648	15,35479476

Umístění termokamery při snímání jehly

Příloha č. 7

„AC servomotory“

Střídavé (AC) servomotory jsou bezkartáčové synchronní motory s permanentními magnety na rotoru a třífázovým vinutím ve statoru. Optimalizovaná konstrukce motoru s použitím nových magnetických materiálů (neodyn-železo-bór) dovoluje až 5- ti násobné momentové přetížení a tyto motory jsou proto vhodné pro dynamicky náročné úlohy. Doplněním vhodnou planetovou převodovkou je možno upravit pracovní oblast pohonu na potřebný krouticí moment ve vztahu k otáčkám.

Vyrábí se v několika typových řadách. V každé řadě jsou motory s různou velikostí příruby a délkou statorového svazku, s různým typem vinutí a počtem pólů.

- řada SER do 40 Nm (do 2,2 kW)
- řada BRH do 43 Nm (do 1,7 kW)
- řada BSH do 330 Nm (do 9,4 kW)
- řada BMH do 330 Nm (do 9,2 kW)
- řada DSM do 42 Nm (do 9,7 kW)

